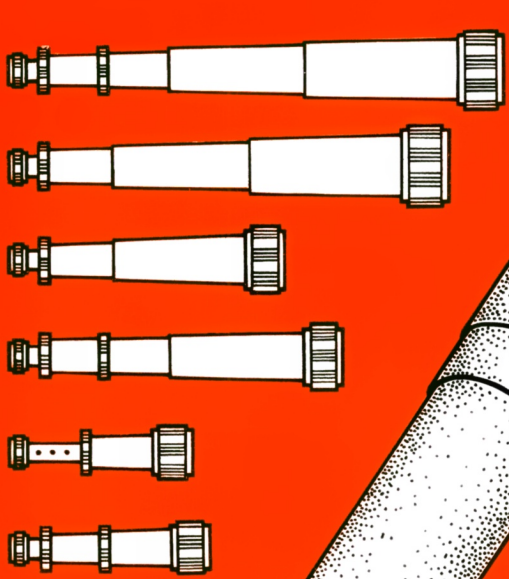
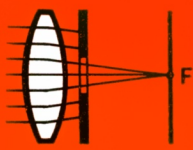




ASTRO-CABINET 90

WYKAZ ELEMENTÓW

1. Kompletny mały obiektyw
2. Pierścień przysłonowy
3. Soczewka skupiająca f = 106 mm
4. Zamocowanie obiektywu
5. Kompletny średni obiektyw
6. Pierścień obiektywu
7. Soczewka skupiająca f = 225 mm
8. Płytka
9. Pierścień obrotowy
10. Pierścień przestawiania
11. Pierścień mocujący
12. Kompletny duży obiektyw
13. Duży pierścień obiektywu
14. Soczewka skupiająca f = 360 mm
15. Duża płytka
16. Duży pierścień obrotowy
17. Duży pierścień przestawiania
18. Duży pierścień mocujący
19. Rura okularu
20. Okular
21. Pierścień zaciskowy okularu
22. Mała rura
23. Średnia rura
24. Duża rura
25. Długa prowadnica okularu
26. Krótka prowadnica okularu
27. Pierścień zaciskowy (dla obiektywu pośredniego)
28. Pierścień mocujący dla lunety poszukiwawczej
29. Kompletna luneta poszukiwawcza
30. Soczewka skupiająca f = 30 mm
31. Soczewka skupiająca f = 15 mm
32. Soczewka rozpraszająca f = – 35 mm
33. Soczewka skupiająca f = 120 mm
34. Przysłona okularu 3 mm
35. Przysłona okularu 3,5 mm
36. Przysłona okularu f = 4,5 mm
37. Przysłona okularu f = 5,5 mm
38. Statyw
39. Zacisk śrubowy
40. Stopa
41. Rura statywu (średnia rura)
42. Element pośredni
43. Element widełkowy
44. Śruba ze łbem walcowym
45. Nakrętka sześciokątna
46. Element krzyżowy
47. Śruba ze łbem sześciokątnym
48. Nakrętka zaciskowa
49. Tarcza podziałki
50. Górna część
51. Wkładka

Drodzy Przyjaciele!

Zestawem konstrukcji zespołowych ASTRO-CABINET 90, Kamenzer Spielwaren prezentują zabawkę spełniającą wysokie wymagania, służącą użytkownikowi do zdobywania wiadomości przy spędzaniu wolnego czasu, która może się stać dla niektórych hobby. Żeby udawały się Wam, Wasze doświadczenia i obserwacje, musicie od początku zwracać uwagę na:

1. Przechowywanie Waszego zestawu konstrukcji zespołowych zawsze w należytym porządku! Układaniu po każdym doświadczeniu użytych części na ich miejscu w zestawie. Na podstawie załączonego rysunku i listy elementów możecie porównać rozmieszczenie elementów z ich oznaczeniami.

2. Ostrożne i uważne obchodzenie się z elementami konstrukcyjnymi, przy składaniu nigdy nie używać siły. Wszystkie elementy są tak wykonane, że można je łatwo łączyć i rozłączać.

3. Każda luneta jest precyzyjnym instrumentem, należy ją chronić przed kurzem i wilgocią! Często będziecie zostawiali lunetę w miejscu obserwacji. Czyszczenie lunety, a szczególnie jej optycznych elementów powinno się wykonywać wyłącznie pędzelkiem do usuwania kurzu, a nigdy szmatką, ponieważ twarde cząsteczki kurzu mogą w tym wypadku pozostawić na soczewkach lekkie zadrapania.

   W czasie zimnych nocy na lunecie często osiada rosa. Części stożkowe i całą lunetę można osuszyć szmatką. Rano pozostawia się lunetę otwartą, ewentualnie wyjmuje się okular w celu uzyskania lepszych możliwości odparowania wody.

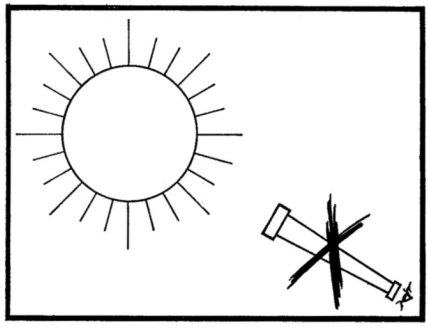
4. Z elementów naszego zestawu zespołowych konstrukcji, możecie budować różne modele lunet. Instrukcje montażowe oznaczone są dużymi literami, są one podane w pierwszej części niniejszej książeczki.

   Kto interesuje się bliżej na jakich zasadach fizycznych pracują te lunety, znajdzie w drugiej części bliższe dane na ten temat. Trzecia część zajmuje się astronomicznymi obserwacjami, które są możliwe przy pomocy lunet składanych z naszego zestawu zespołowych konstrukcji. Końcowa część zajmuje się wprowadzeniem do sporządzania i zastosowania map gwiezdnych, przy pomocy których będziecie mogli nie tylko znaleźć położenie gwiazd, lecz także wykonać wiele innych rzeczy.

5. Przy astronomicznych obserwacjach, ważnym jest żeby spojrzenia w niebo nie przysłaniały budynki lub drzewa. Szczególnie odpowiednie są wolne przestrzenie. W pobliżu nie powinny znajdować się silne źródła światła (oświetlenie ulic lub oświetlenie zakładów przemysłowych). Często do celów obserwacyjnych nadaje się balkon lub taras. Czasami prowadzić można obserwacje ze strychu poprzez właz na dach.

   Przed obserwacją słońca należy się strzec, nawet przy najmniejszych powiększeniach lunety!

   Skoncentrowane światło i energia cieplna prowadzić mogą do nieodwracalnych zmian we wnętrzu oka.



6. Przed każdym montażem i każdą obserwacją przeczytajcie najpierw dokładnie przynależne opisy i instrukcje, przygotujcie sobie potrzebne części i dopiero wtedy rozpoczynajcie eksperyment. Dzięki temu można się ustrzec niektórych błędów.

Życzymy Wam dużo radości przy eksperymentowaniu z Waszym zestawem zespołowych konstrukcji!

VEB Kamenzer Spielwaren
Zakład należący do
VEB Kombinat Spielwaren Sonneberg
NDR - 8290 Kamenz

I. Montaż

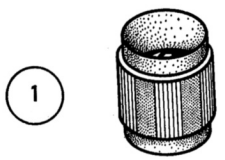
Z elementów, które zawiera nasz zestaw zespołowych konstrukcji, możecie zbudować dużo lunet różnego rodzaju. Każda luneta pozwala na innego rodzaju możliwości obserwacyjne, służy innym celom, pokazuje nam nowe prawa optyczne lub inne dla nich zastosowania. W przypadku każdego rodzaju lunety mamy cały szereg możliwości dopasowania lunety do różnych warunków obserwacji. Służą do tego celu różne obiektywy, różnego rodzaju okulary, przysłony i inne akcesoria.

Zanim przystąpimy do głębszego rozpoznania tych wszystkich współzależności, zapoznajmy się najpierw z elementami naszego zestawu zespołowych konstrukcji i sposobami mówiącymi jak się te elementy montuje. Ku naszej radości będziemy mogli już wykonać niektóre drobne doświadczenia kontrolne, stanowiące przedsmak wielu możliwości, które otwiera przed nami zestaw zespołowych konstrukcji.

A) Montaż lupy (mały obiektyw, 1)

Trzymamy pierścień przysłonowy (2) skierowany dużą średnicą do dołu. Następnie wkładamy soczewkę skupiającą f = 106 mm (3) w zagłębienie na stronie pierścienia przysłonowego (2) mniejszą średnicą zewnętrzną tak, żeby wypukła na zewnątrz strona soczewki skierowana jest do góry (na zewnątrz).

Następnie osadzamy zamocowanie obiektywu (4), (rys. 1).



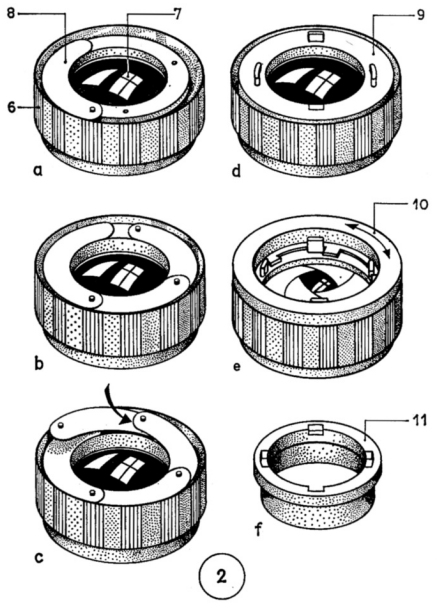
B) Montaż średniego obiektywu (5)

Pierścień obiektywu (6) kładziemy na stole stopniowaną stroną do dołu. W otworze osadzamy soczewkę skupiającą f = 225 mm (7). Strona wypukła na zewnątrz, skierowana jest przy tym w dół. W cztery małe otwory osadzamy kolejno cztery płytki (8). Wbudowuje się je w sposób następujący:

Płytka jest tak wkładana w pierścień obiektywu, żeby kołek wchodził w otwór (rys. 2a). Następnie umieszcza się drugą i trzecią płytkę dalej w kierunku ruchu wskazówek zegara, żeby ich lewe strony leżały na płytce uprzednio zamontowanej, a kołki żeby znajdowały się w otworach (rys. 2b).

Czwartą i ostatnią płytkę, należy tak zamontować, żeby leżała ona swoją prawą stroną pod pierwszą płytką, która została zamontowana, kołek musi oczywiście znajdować się w ostatnim wolnym otworze. W tym celu, płytkę tą podnosi się lekko (rys. 2c) lub wychyla się ją do wewnątrz tak daleko aż będzie widoczny wolny otwór. Teraz podsuwa się ostrożnie ostatnią płytkę, aż kołek wskoczy w otwór. W celu zapobiegnięcia wyciągnięciu trzech pierwszych płytek z otworów, przyciska się lekko ręką pierścień obiektywu.

Następnie, kiedy upewniliśmy się już, że wszystkie płytki są właściwie osadzone i przylegają do zewnętrznej strony pierścienia obiektywu, osadzamy pierścień obrotowy (9) w taki sposób, żeby w cztery prowadzące szczeliny wchodziły cztery skierowane do góry kołki płytek (rys. 2d). Przesuwamy teraz pierścień obrotowy tak, żeby znalazł się on mniej więcej w środku pierścienia obiektywu. Żeby płytki nie przylegały w dalszym ciągu do wewnętrznej ścianki pierścienia obiektywu, przekręcamy pierścień obro-



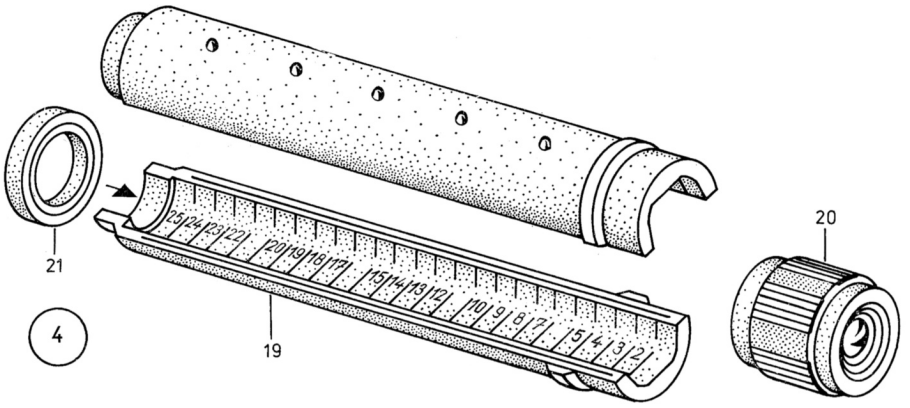
towy nieznacznie w lewo (odwrotnie do ruchu wskazówek zegara). Następnie osadzamy pierścień przestawiania (10) w pierścieniu obiektywu w taki sposób, żeby cztery środniki pierścienia obrotowego przeszły przez wycięcia pierścienia przestawiania (rys. 2e). Pierścień przestawiania osadza się przy tym tak, że przy obrocie w prawo pierścienia obrotowego aż do zderzaka przysłona tęczówkowa jest całkowicie otwarta a przy obrocie do lewego zderzaka przysłona tęczówkowa jest otwarta mniej więcej w połowie. Teraz można osadzić pierścień mocujący (11), (rys. 2f).

W cztery wycięcia w pierścieniu mocującym wchodzą przy tym cztery środniki pierścienia obrotowego. Rysunek 3 pokazuje średni obiektyw w zmontowanym stanie, od strony pierścienia obiektywu.

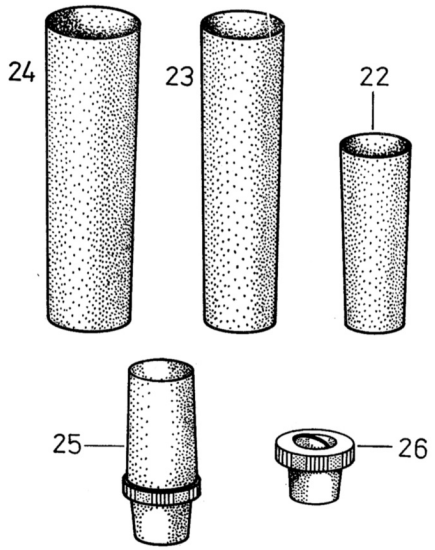
C) Montaż dużego obiektywu (12)

Duży obiektyw (12), montuje się w taki sam sposób jak średni obiektyw (5). W pierścień dużego obiektywu (13) wkładamy soczewkę f = 360 mm (14). Do montażu używamy cztery duże płytki (15), duży pierścień obrotowy (16), duży pierścień przestawiania (17) oraz duży pierścień mocujący (18).

Przy montażu zwracamy uwagę, żeby duży pierścień przestawiania (17) został tak osadzony, żeby przysłona tęczówkowa przy przestawieniu pozwalała się całkowicie otwierać i zamykać mniej więcej do połowy.



4



5

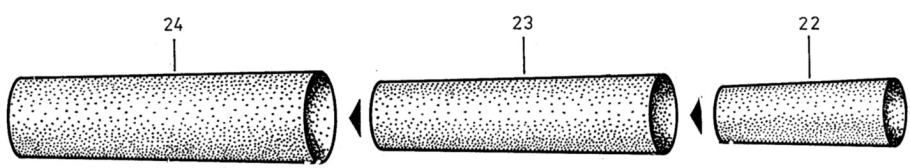
D) Montaż rury okularu (19)

Rura okularu (19) składa się z dwóch połówek (rys. 4) podobnych do siebie. Obydwie połówki posiadają wewnątrz pewną ilość żeberek, między którymi powstały wgłębienia (rowki), w które możemy zależnie od potrzeb włożyć soczewki i przysłony. Na wstępie dla ćwiczenia składamy tylko samą rurę okularu, ponieważ później dopiero będziemy wiedzieć jakie soczewki i przysłony muszą zostać osadzone w odpowiednich rowkach. Obydwie połówki rury okularu utrzymywane są z jednej strony przez sam okular (20) a z drugiej strony przez zaciskowy pierścień okularu (21).

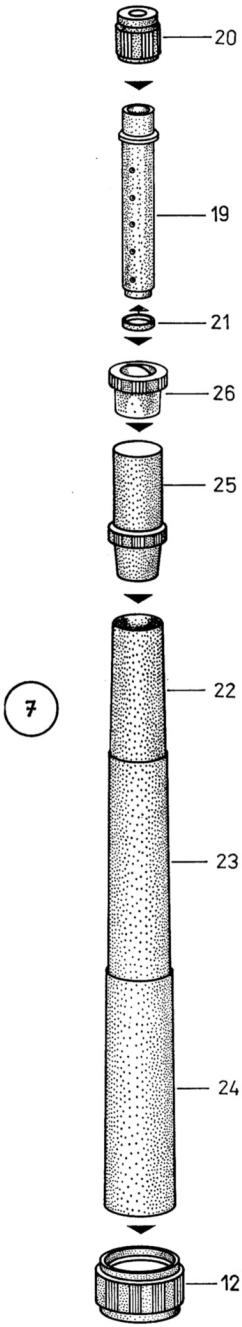
E) Montaż tubusu

Na tubus w naszej lunecie składają się duża rura (24), średnia rura (23), mała rura (22), długa prowadnica okularu (25) i krótka prowadnica okularu (26). Elementy te składa się w szereg różnych kombinacji, nie zawsze są one wszystkie potrzebne. Te trzy rury mają kształt stożkowy (rys. 5).

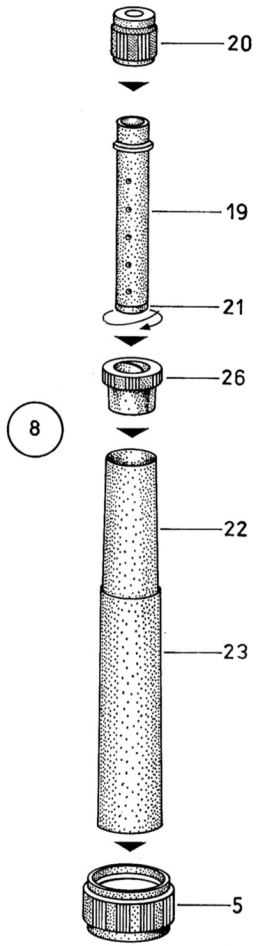
Do montażu tubusa, potrzebne w danym przypadku rury nasuwa się na siebie (rys. 6). Następnie w ciasny koniec małej rury (22) wtyka się długą prowadnicę okularu (25), albo krótką prowadnicę okularu (26). Przy użyciu długiej prowadnicy okularu wsadza się w nią krótką prowadnicę okularu. Wszystkie użyte elementy osadza się lekko na stożek. W zależności od tego jaki używamy obiektyw, jako tubus służy mała rura (22) dla małego obiektywu, mała rura (22) i średnia rura (23) (dla obiektywu średniego (5))



6



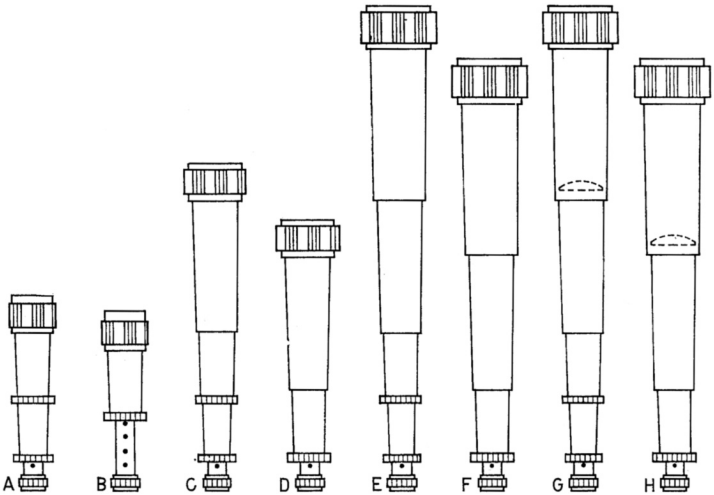
7



8

lub mała rura (22), średnia rura (2z) i duża rura (24) (dla dużego obiektywu (12)). Rysunek 7 pokazuje montaż dużej lunety przy użyciu długiej prowadnicy okularu, krótkiej prowadnicy okularu, trzech rur oraz dużego obiektywu. Rysunek 8 pokazuje nam montaż średniej lunety z krótką prowadnicą okularu. Są to tylko przykłady. Widać wyraźnie, że istnieje jeszcze dużo możliwości kombinacji. Przedstawiliśmy je na rysunku 9 pod oznaczeniami literowymi A, B, C, D, E i F.

9



		A	B	C	D	E	F	G	H
1	kleines Objektiv	●	●						
5	mittleres Objektiv			●	●				
12	großes Objektiv					●	●	●	●
7	Zusatzlinse f=225mm							●	●
24	großes Rohr					●	●	●	●
23	mittleres Rohr			●	●	●	●	●	●
22	kleines Rohr	●	●	●	●	●	●	●	●
25	lange Okularführung	●		●		●		●	
26	kurze Okularführung	●	●	●	●	●	●	●	●
20	Okular	●	●	●	●	●	●	●	●
19	Okularrohr	●	●	●	●	●	●	●	●

Oprócz tego, możliwym jest również zgodnie z rysunkiem G i H na ilustracji 9, zastosowanie soczewki pola widzenia. W tym celu w mocujący pierścień (11) wkłada się soczewkę f = 225 mm (7) i zamocowuje przy pomocy pierścienia zaciskowego (27). Soczewkę pola widzenia umieszcza się w średniej rurze (23), jest ona tak umieszczona, że jej wypukła strona skierowana jest w kierunku dużej rury.

Do tego celu możemy użyć pierścienia mocującego (11), ponieważ przy tych obydwóch formach wykonania nie jest potrzebny średni obiektyw, który poza tym przypadkiem należy do tego pierścienia. Później zobaczymy, jaka forma wykonania lunety jest najbardziej odpowiednia dla celów, które sobie stawiamy. Przy naszych eksperymentach, musimy zwracać uwagę, żeby nie pomylić poszczególnych soczewek. Soczewki (3) i (7) oraz soczewki (30), 31), (32) i (33) jako druga grupa, maja te same wymiary zewnętrzne.

Rozróżnia się je jedynie na podstawie ich ogniskowych.

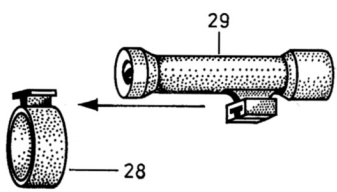
F) Montaż lunety poszukiwawczej (29)

Wstępnie zmontowaną lunetę poszukiwawczą (29) osadza się na jej mocującym pierścieniu (28) (rys. 10). Przy montażu pierścień z nasuniętą lunetą poszukiwawczą wsuwa się na długą prowadnicę okularu (25) (rys. 49). Jeżeli nie używa się przy lunecie długiego prowadzenia okularu, montaż wykonuje się na małej rurze (22). Długa strona lunety poszukiwawczej skierowana jest w każdym przypadku do okularu.

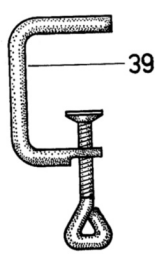
G) Montaż statywu (38) (rys. 12)

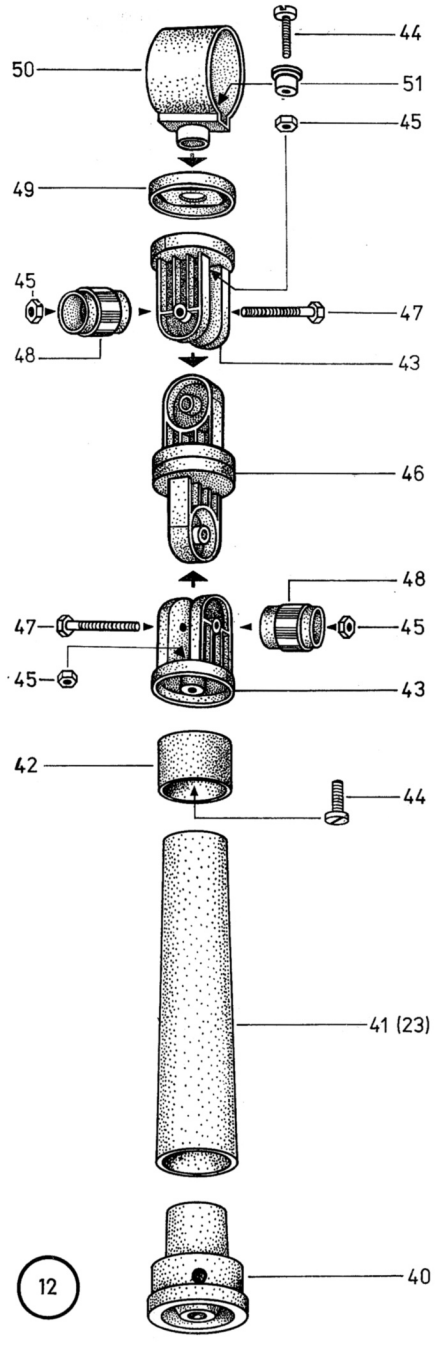
Statyw (nazywany również przy astronomicznych lunetach „Montażem") przykręca się do blatu stołu, parapetu lub do innej stabilnej płyty. W tym celu przymocowujemy najpierw śrubowym zaciskiem (39) (rys. 11) stopę (40)

10



11

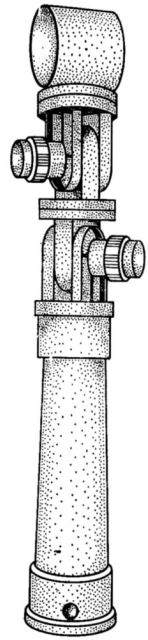




12

(rys. 12) na podłożu. Na stopę (40) nasadzamy rurę statywu (41) (nie różniącą się od rury średniej (23) tubusu) jej większym końcem. Następnie skręcamy element pośredni (42) z elementem widełkowym (43). W tym celu osadzamy element widełkowy (43) na elemencie pośrednim (42), przetykamy śrubę ze łbem cylindrycznym (44) od strony elementu pośredniego przez okrągłą tarczę elementu widełkowego. W elemencie widełkowym w sześciokątnym wycięciu wykonanym w środku znajduje się sześciokątna nakrętka (45), z którą skręca się śrubę ze łbem walcowym. Teraz wprowadzamy jedną stronę elementu krzyżowego (46) między powierzchnie elementu widełkowego połączonego z elementem pośrednim (połączenie śrubowe). Przez otwór przetykamy śrubę ze łbem sześciokątnym (47) (jedna z powierzchni elementu widełkowego przygotowana jest do przyjęcia sześciokątnego łba). Po wyposażeniu przez nas nakrętki zaciskowej (48) w nakrętkę sześciokątną na przygotowanej stronie, możemy zacisnąć element krzyżowy z elementem widełkowym osadzonym na elemencie pośrednim. Nakrętka sześciokątna w nakrętce zaciskowej (48) jest przy tym skierowana na zewnątrz.

Teraz osadzamy górny element (50) płaską stroną w taki sposób w tarczy skali (49), że cylindryczny czop górnego elementu przechodzi przez tarczę skali. Przez otwór czopu przetykamy przetyczkę (51) i śrubę ze łbem cylindrycznym (44). Na stronie przeciwległej osadzamy drugi element widełkowy (43) i skręcamy, po uprzednim osadzeniu sześciokątnej nakrętki (45). Element widełkowy (43) ze zmontowanym podzespołem konstrukcyjnym osadza się na wolnej stronie elementu krzyżowego (46), gdzie możemy go zacisnąć w wyżej opisany sposób, przy pomocy śruby ze łbem sześciokątnym, nakrętki zaciskowej i nakrętki sześciokątnej. Zmontowane w ten sposób wychylne urządzenie osadzamy na stałe na statywie (rys. 13).

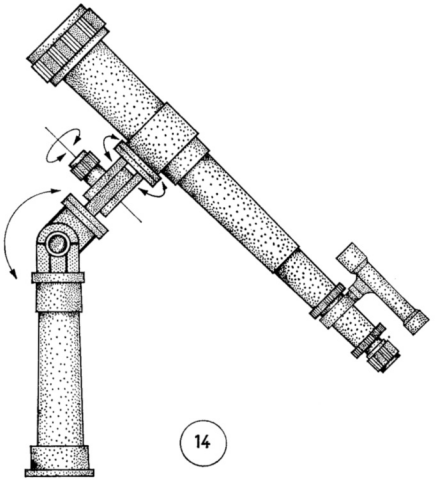


13

W stożkowy otwór górnego elementu (50) możemy teraz wsunąć tubus naszych dużych lunet (zestawienia E do H, rys. 9), od strony większej średnicy otworu. Tubus wychylać

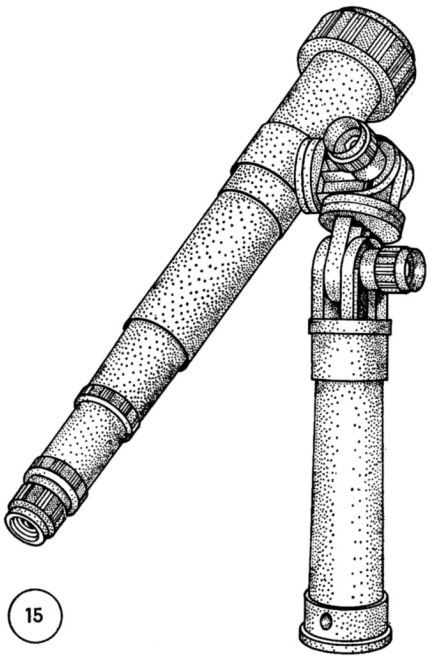
można wokół trzech osi, przy ześrubowanym statywie jeżeli zluzujemy nieco nakrętki zaciskowe. Można wykonywać nim następujące ruchy:

a) Obiektyw można podnosić i opuszczać (odpowiednio do opuszczania względnie podnoszenia porusza się razem okular). Ilustruje to nam rysunek 14.



14

b) Lunetę można przestawiać bocznie w stosunku do jej pierwotnego położenia (przechylać). Pokazane jest to na rysunku 15.



15

c) Oś lunety obracać można we wszystkie strony (patrząc z góry).

Dla wszystkich ruchów obrotowych i wychylania przewidziano podziałki, pozwalające na odczytywanie kąta obrotu. Później poznamy praktyczne znaczenie tych możliwości.

Teraz kiedy już zapoznaliśmy się w wystarczającym stopniu z montażem lunety, możemy przejść do pierwszych doświadczeń. Na początek rozmontowujemy wszystkie elementy i układamy je porządnie w naszym pudle, zapewnia to znalezienie potrzebnych części dla poszczególnych doświadczeń w łatwy sposób.

II. Jak pracują nasze lunety

Droga światła jest linią prostą. Nie możemy więc obserwować światła „wychodzącego z za węgła". Z tego też względu mówimy o promieniowaniu świetlnym. Przy spełnieniu jednak pewnych warunków promieniowanie świetlne załamuje się.

Doświadczenie 1 Załamanie światła

Wkładamy ołówek ustawiając go skośnie, do szklanki z wodą. Patrząc na ołówek mamy teraz wrażenie, że jest on załamany przy powierzchni wody (rys. 16).

16

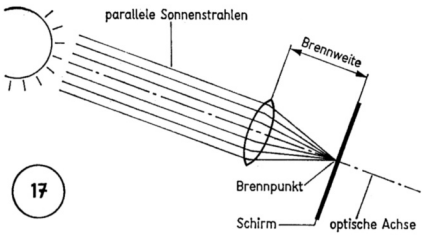
Światło załamuje się nie tylko na granicy cieczy z powietrzem, ale także na przykład może się załamywać na granicy gazów o różnej temperaturze.

Doświadczenie 2 Migotanie w powietrzu poruszanym przez ogrzewanie się

Patrzymy poprzez palącą się świecę na przedmiot znajdujący się za nią. Wydaje się, że formy przedmiotu rozpływają się. W miejscach, gdzie spotyka się powietrze chłodniejsze z cieplejszym światło załamuje się. Powietrze wznoszące się do góry nad palącą się świecą ma nie tylko różną temperaturę, lecz również granice powierzchni nie przebiegające płasko w stosunku do zimniejszego powietrza, z tego też względu powstaje nieregularne załamanie światła. Zjawisko to, możemy zaobserwować także w zimie nad kominami odprowadzającymi spaliny, jak również latem w gorące dni nad silnie rozgrzanymi dachami lub nawierzchniami dróg, nad którymi wznosi się w górę rozgrzane powietrze. Zjawisko to będzie nam często przeszkadzać przy obserwacjach lunetą, szczególnie przy obserwacjach astronomicznych. Także nasze soczewki z zestawu konstrukcji zespołowych mogą załamywać światło.

Doświadczenie 3 Ogniskowa i długość ogniskowej w soczewkach skupiających

Trzymamy naszą soczewkę obiektywu (7) w promieniach słonecznych (rys. 17). Ponieważ słońce znajduje się od nas bardzo daleko, możemy przyjąć założenie, że promienie słoneczne padające na małą powierzchnię soczewki są równoległe. Opuszczają one jednak soczewkę nie równolegle, lecz zbieżnie skupiając się w punkcie z tyłu soczewki.



Nasza soczewka **obiektywu (7)** jest więc soczewką skupiającą, która w tym przypadku skupia światło słoneczne w jednym punkcie. Po kilku eksperymentach punkt ten można prędko znaleźć przy pomocy ekranu, np. kawałka tektury. Jeżeli będziemy w tym miejscu trzymać dłoń, odczujemy jak jest w tym punkcie gorąco, ponieważ jest tam nie tylko skupione światło ale również zebrane ciepło promieniowania słonecznego. Jeżeli użyjemy tektury może ona zwęglić się albo zacząć palić się (uwaga!), jeżeli jest silne nasłonecznienie.

Dlatego też nazywamy ten punkt **ogniskiem** soczewki. Odległość ogniska od soczewki mierzymy linijką i nazywamy ją **ogniskową** soczewki. Jeżeli zmierzyliśmy prawidłowo odległość, widzimy że dla naszej soczewki wynosi ona około 225 mm. Dla naszych dalszych rozważań wprowadzamy jeszcze jedno pojęcie, oś optyczna. Jest to w założeniu myślowym linia, która przechodzi przez środkowy punkt soczewki (lub później przez cały system soczewek) i jest prostopadła do powierzchni soczewki, w naszym 3 doświadczeniu przebiega ona równolegle do promieni słonecznych.

Doświadczenie 4 Dalsze wyznaczanie ogniskowych soczewek skupiających

Wyznaczać teraz będziemy w podobny sposób ogniskowe naszych soczewek skupiających. Określone wartości są następujące:

Soczewka obiektywu (7)	ogniskowa 225 mm (doświadczenie 3)
Soczewka obiektywu (14)	ogniskowa 360 mm
Soczewka obiektywu (3)	ogniskowa 106 mm
Soczewka okularu (30)	ogniskowa 30 mm
Soczewka okularu (31)	ogniskowa 15 mm
Soczewka okularu (33)	ogniskowa 120 mm

Doświadczenie 5 Odwracanie kierunku promieniowania

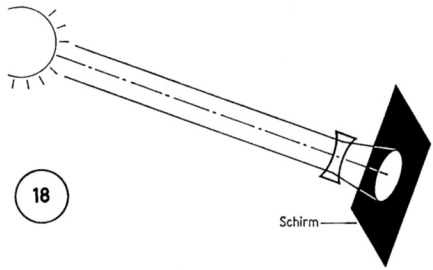
Kierujemy teraz promienie słoneczne z drugiej strony na nasze soczewki skupiające, przy czym obracamy je, tak że kiedy poprzednio do słońca skierowana była strona wypukła, teraz promienie słoneczne padają na płaską powierzchnię.

Widzimy teraz, że ogniskowe naszej soczewki, przynajmniej w granicach dokładności z jaką możemy mierzyć, są te same niezależnie od tego z której strony promienie przechodzą przez soczewkę. (Przy bardzo dokładnym mierzeniu stwierdzimy prawdopodobnie odchylenia. Także należałoby dokładnie podać od jakiego miejsca należy mierzyć, ponieważ soczewki mają swoją grubość.)

Doświadczenie 6 Zachowanie się soczewek rozpraszających

Spróbujmy teraz określić ogniskową naszej soczewki (32) w ten sam sposób jak dotychczas.

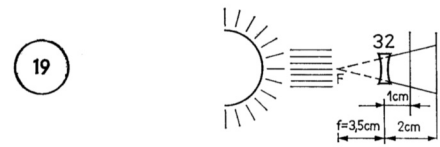
Za tą soczewką powstaje najpierw na naszym ekranie jasna plama, która jest tylko nieznacznie większa niż sama powierzchnia soczewki. Jeżeli będziemy odsuwać ekran od soczewki, plama ta będzie coraz większa (rys. 18). Możemy stąd wyciągnąć wniosek, że soczewka ta nie skupia promieni światła jak inne soczewki w naszym zestawie konstrukcji zespołowych, lecz je rozprasza. Dlatego nazywamy tą soczewkę, soczewką rozpraszającą. Jednakże i w przypadku soczewki rozpraszającej mówimy o ogniskowej.



Doświadczenie 7 Ujemne ogniskowe soczewek rozpraszających

Powodujemy najpierw równoległymi promieniami słonecznymi powstanie za soczewką w odległości około 1 cm okrągłej jasnej plamy na ekranie. Średnicę tej plamy mierzymy linijką. Następnie przesuwamy ekran na odległość około 2 cm od soczewki i mierzymy ponownie teraz już mniej intensywną plamę (rys. 19).

Zgodnie z naszymi wynikami pomiarów wykonujemy mały szkic, przy czym nanosimy stosunek wielkości odpowiadający rzeczywistości.



Jeżeli teraz połączymy zewnętrzne ograniczenia obydwóch średnic plam ze sobą, i przedłużymy łączące linie do tyłu poprzez soczewkę, otrzymamy punkt przecięcia, który także tutaj nazywamy **ogniskiem.**

Ognisko to nie jest prawdziwe, to znaczy realne jak w przypadku soczewki skupiającej lecz pozornym lub mogącym istnieć. Możemy teraz także zwymiarować na naszym szkicu **ogniskową** soczewki. Ponieważ w tym przypadku jest ona z „tyłu" to jest skierowana do źródła promieniowania a więc do słońca, mówimy o niej jako o ogniskowej ujemnej. W przypadku naszej soczewki (32) otrzymujemy wartość wynoszącą — 35 mm.

Doświadczenie 8 Odwracanie kierunku promieniowania w soczewce rozpraszającej

Soczewkę przekręcamy, w taki sposób jak zrobiliśmy to z soczewką skupiającą w 5 doświadczeniu.

Otrzymujemy także w tym przypadku w granicach naszych możliwości tą samą wartość dla ujemnej ogniskowej. Także w przypadku tej soczewki (ujemne) ogniskowe są mniej więcej te same, jeżeli do słońca skieruje się zamiast zakrzywionej powierzchni powierzchnię płaską.

Jeżeli przypatrzymy się zewnętrznej formie naszej soczewki, stwierdzimy, że soczewki skupiające są w środku grubsze niż przy krawędzi. Jeżeli posiadają one tak jak nasze soczewki płaską powierzchnię, nazywamy je soczewkami

płasko-wypukłymi. Z drugiej strony, soczewka rozpraszająca jest w środku cieńsza niż na krawędzi. Nazywamy ją, ponieważ posiada ona powierzchnię płaską soczewką płasko-wklęsłą. Często podaje się w charakterystyce soczewek zamiast ogniskowej siłę załamania (w dioptriach). Liczbę dioptrii otrzymuje się, przez podzielenie 1 przez ogniskową wyrażoną w metrach, to znaczy

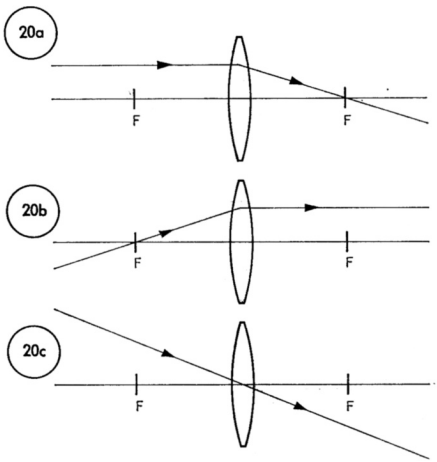
$$D = \frac{1}{f}$$

Jeżeli założymy, że

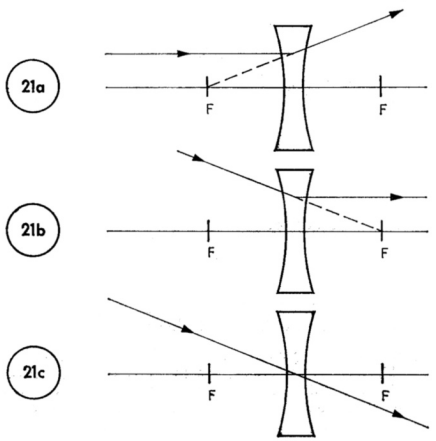
— równolegle do osi optycznej promienie świetlne padające w kierunku ogniskowej są załamywane (rys. 20a);

— promienie świetlne przechodzące przez ognisko padają na soczewkę skośnie w stosunku do osi optycznej, po jej opuszczeniu biegną równolegle do osi optycznej (odwrócenie drogi światła w porównaniu ze zdaniem poprzednim) (rys. 20b);

— promienie przechodzące przez środkowy punkt soczewki nie zmieniają praktycznie swojego kierunku (rys. 20c);



dla soczewek skupiających wynikają trzy przypadki optycznej ilustracji. Dla soczewek rozpraszających sytuacja jest taka sama, mówimy, że poniższe zdania odnoszą się do przechodzenia promieni świetlnych przez soczewki rozpraszające.



— promień świetlny padający równolegle do osi optycznej jest tak załamywany, że jego myślowe przedłużenie do tyłu przechodzi przez mogące istnieć ognisko (rys. 21a).

— promień świetlny padający skośnie na soczewkę tak, że jego myślowe przedłużenie przechodziłoby za soczewką przez mogące istnieć ognisko, opuszcza soczewkę równolegle do osi optycznej (rys. 21b).

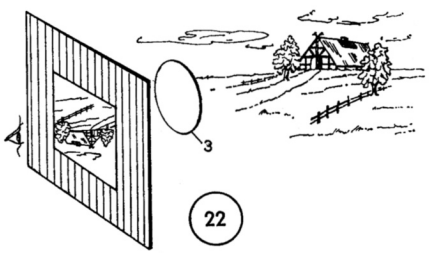
— promień świetlny przechodzący skośnie przez środkowy punkt soczewki, nie zmienia praktycznie swego kierunku (rys. 21c).

W tym przypadku mamy (na rysunku linia przerywana) myślowe przedłużenie naszego promienia światła jako pomoc dla rysunkowego przedstawienia podobnie do rysunku 20.

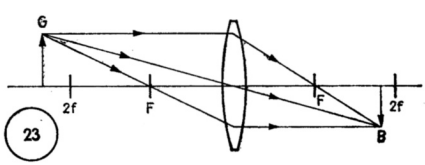
Kiedy już poznaliśmy jak działają nasze soczewki, chcemy widzieć, dlaczego nasze soczewki skupiające są przydatne do wytwarzania realnych obrazów, jak na przykład w aparacie fotograficznym, w projektorach przezroczy i w innych prostych urządzeniach optycznych.

Doświadczenie 9 Optyczne odwzorowanie przy pomocy soczewki skupiającej

W tekturowym ekranie, wycinamy otwór o wymiarach mniej więcej 3 na 5 cm. Otwór zaklejamy kawałkiem kalki kreślarskiej (papier śniadaniowy też może być). W pokoju trzymamy tekturowy ekran w odległości około metra od okna, a przed nim w odległości około 15 cm naszą soczewkę. Z pokoju patrząc, widzimy na kalce odwrócony obraz, który przez małe przesunięcie soczewki nastawiamy na ostrość (rys. 22). Według tej zasady pracuje np. aparat fotograficzny, w którym zamiast ekranu z kalki znajduje się światłoczuła błona.



Obraz przedmiotu, jest mniejszy od przedmiotu. Jeżeli użyjemy innych soczewek skupiających, musimy ich odległość od ekranu inaczej dobrać w zależności od ogniskowych, obraz otrzymamy również odwrócony, jednakże o innej wielkości.



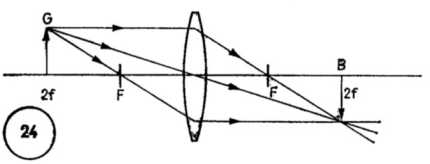
Rys. 23 pokazuje nam w jaki sposób można wyobrazić sobie powstawanie obrazu, jeżeli prześledzimy drogę trzech promieni, które dotychczas rozpatrywaliśmy (równolegle do optycznej osi, przez ognisko od strony przedmiotu oraz przez środek soczewki). Przyjmuje się przy tym, że przedmiot znajduje się poza podwójną odległością ogniskowej soczewki. Przedmiot (G) i obraz (B) przedstawione są tutaj i będą

dalej w ten sposób przedstawiane dla uproszczenia w postaci strzałek. Po naszym doświadczeniu i przedstawieniu na rysunku jak przechodzą przez soczewkę promienie, możemy powiedzieć, że soczewka skupiająca daje odwrócony, zmniejszony obraz po drugiej stronie, obraz przedmiotu znajdującego się poza podwójną ogniskową, obraz znajduje się między ogniskową i podwójną ogniskową. Ponieważ obraz ten można widzieć na ekranie, jest on obrazem rzeczywistym.

Możemy w celu optycznego odwzorowania a także w celu uproszczenia w naszych dalszych doświadczeniach używać kieszonkowej latarki, a jeszcze lepiej dwóch lub trzech latarek jako przedmiotu. Ustawia się je obok siebie i odzworowuje naszą soczewką. Jako ekranu użyć możemy, jeżeli wykonujemy doświadczenie w zaciemnionym pokoju, zwyczajną białą tekturę.

Doświadczenie 10 Optyczne odwzorowanie przedmiotu znajdującego się w odległości podwójnej ogniskowej

Powtarzamy doświadczenie 9, ustalamy jednak odległość między przedmiotem i soczewką na wielkość podwójnej ogniskowej, a więc w przypadku soczewki (2) na około 21 cm. Na ekranie otrzymujemy, również odwrócony obraz odpowiadający wielkości przedmiotu. Ekran, w celu otrzymania ostrego obrazu po drugiej stronie soczewki musimy ustawić w odległości odpowiadającej podwójnej ogniskowej.



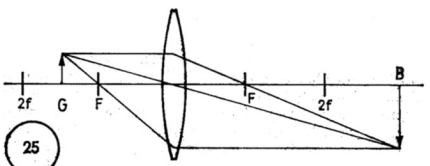
24

Rys. 24 pokazuje drogę promieni światła. Możemy powiedzieć, że soczewka skupiająca, po drugiej stronie, w odległości podwójnej ogniskowej daje odwrócony, rzeczywisty obraz tej samej wielkości przedmiotu ustawionego przed soczewką w odległości podwójnej ogniskowej.

Doświadczenie 11 Przedmiot w odległości między ogniskową i podwójną ogniskową

Przesuwamy teraz soczewkę (3) bliżej przedmiotu, na odległość około 18 cm. Przedmiot znajduje się teraz w odległości między ogniskową i podwójną ogniskową.

Otrzymujemy na naszym ekranie odwrócony i powiększony obraz w odległości poza podwójną ogniskową.



25

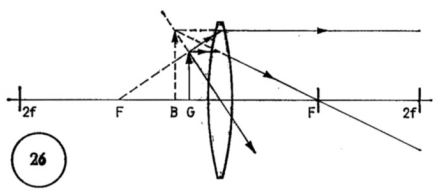
Rys. 25 pokazuje drogę promieni światła. Możemy powiedzieć, że soczewka skupiająca daje obraz przedmiotu znajdującego się między ogniskową i podwójną ogniskową, po drugiej stronie poza podwójną ogniskową, obraz ten jest rzeczywistym, odwróconym i powiększonym obrazem.

Doświadczenie 12 Dalsze soczewki skupiające

Wykonujemy doświadczenia 9, 10 i 11 z innymi soczewkami skupiającymi, znajdującymi się w naszym zestawie konstrukcji zespołowych (soczewka 7, 14, 30, 31, 33), przy czym uwzględniamy ogniskowe. Możemy ostatecznie przy zastosowaniu dwóch latarek kieszonkowych jako „przedmiotu" zmienić „wielkość przedmiotu", zmieniając odległość obydwóch żarówek. Wpływ „wielkości przedmiotu" na „wielkość obrazu" jest widoczny, jeżeli większy staje się „przedmiot" również większy staje się „obraz". Ale także odległość „przedmiotu" i „obrazu" od soczewki wpływa w widoczny sposób na stosunek wielkości przedmiotu do wielkości obrazu. Ostatecznie decydujący wpływ ma także ogniskowa użytej soczewki.

Doświadczenie 13 Przedmiot wewnątrz ogniskowej; lupa

Jeżeli będziemy próbować uzyskać obraz używając jednej z naszych soczewek, w przypadku kiedy przedmiot znajduje się wewnątrz ogniskowej, nie uzyskamy żadnego wyniku.



26

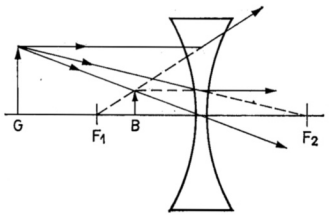
Wyjaśnimy to sobie, przedstawiając graficznie drogi promieni świetlnych (rys. 26). Wychodzący z G promień środkowego punktu przechodzi przez soczewkę praktycznie nie załamując się. Promień równoległy jest tak przez soczewkę załamywany, że z tyłu przechodzi on przez ognisko. Wyobraźmy sobie teraz jeszcze jeden promień, który wychodzi z wierzchołka strzałki i tak trafia na soczewkę, że jego myślowe przedłużenie do tyłu musiałoby przechodzić przez ognisko na stronie, na której znajduje się przedmiot. Taki promień opuszcza soczewkę równolegle do osi optycznej. Te trzy promienie nie spotykają się na stronie soczewki, gdzie oczekuje się obrazu, za soczewką rozchodzą się. Jednakże ich myślowe przedłużenia do tyłu przecinają się. Dlatego też powstaje pozorny obraz B (na rysunku 26 oznaczony kreskowaną linią) na stronie soczewki, na której znajduje się przedmiot. Ten pozorny obraz jest powiększony i nieodwrócony. Jego istnienie możemy narazie przypuszczać tylko na podstawie rysunku przejścia promieni.

Doświadczenie 14 Zachowanie się soczewki rozpraszającej

Spróbujmy teraz uzyskać obraz przy pomocy naszej soczewki rozpraszającej (32).

Doświadczenie nie udaje się, niezależnie od tego, czy przedmiot albo ekran ustawimy przed albo za soczewką.

Wyjaśni nam to graficzne przedstawienie drogi promieni (rys. 27). Promień wychodzący z punktu środkowego przechodzi praktycznie nie załamany przez soczewkę. Promień biegnący równolegle do osi optycznej opuszcza soczewkę rozpraszającą w ten sposób, że jego myślowe przedłużenie



27

28

do tyłu przechodzi przez ognisko F_1. Następnie rozpatrujemy jeszcze jeden promień, wychodzący z przedmiotu, który jeżeli nie zostanie załamany przez soczewkę, przechodziłby przez drugie ognisko F_2. Myślowa linia z punktu przecięcia się tego promienia, równoległa do osi optycznej przecina się z dwoma innymi promieniami w jednym punkcie. Jak widzimy, uzyskujemy nieodwrócony, zmniejszony, pozorny obraz. Możemy z tym samym wynikiem wykonać taką konstrukcję dla przypadków, żeby przedmiot znajdował się poza podwójną lub we wnętrzu ogniskowej.

Zauważyliśmy w poprzednich doświadczeniach odwzorowywania a także przy pomocy konstruowania przejść promieni, że różne wielkości obrazu otrzymywaliśmy przy niezmiennym przedmiocie, jeżeli zmienialiśmy odległość przedmiotu od soczewki. Istnieją także różne odległości między soczewką i ekranem, przy których uzyskujemy ostry obraz.

Ustaliliśmy jeszcze, że ogniskowa soczewek odgrywa pewną rolę dla wielkości i odległości. Możemy w sposób naukowy porównywać ze sobą różne odległości, ogniskowe, oraz wielkości przedmiotu i obrazu, przy czym wykonujemy w każdym przypadku graficzne przedstawienie dróg promieni. Możemy wykazać, że wyniki naszych pomiarów spełniają następujące równanie:

$$\frac{\text{Wielkość przedmiotu}}{\text{Odległość przedmiotu}} = \frac{\text{wielkość obrazu}}{\text{odległość obrazu}}$$

lub

$$\frac{G}{g} = \frac{B}{b}$$

i

1/odległość obrazu + 1/odległość przedmiotu = 1/ogniskową

lub

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$$

Przypominamy sobie, że 1/ogniskową lub 1/f oznacza dioptrie, jeżeli ogniskowa f mierzona jest w metrach. Przedmioty mogą być różnej wielkości a mimo to przy odwzorowywaniu soczewką skupiającą tworzyć obrazy tej samej wielkości, jeżeli znajdują się w odpowiednio różnych odległościach. Wykazaliśmy to także rachunkowo. Także doświadczenie wykazuje, że większe przedmioty w większych odległościach wydaje się, że widzimy takiej wielkości lub mniejsze niż inne, mniejsze przedmioty w krótszej odległości. Rys. 28 pokazuje, że w tym przypadku miarodajnym jest kąt pod którym widzimy przedmiot. Płot, drzewo i wieża wydają się nam tak samo duże, jeżeli patrzymy na nie pod tym samym kątem. Widzimy, że soczewka skupiająca działa jak lupa, jeżeli przedmiot umieścimy między soczewką i ogniskową.

Przedstawienie dróg promieni na rys. 26 wykazało nam, że soczewka skupiająca daje nam nieodwrócony, powiększony jednakże urojony obraz, jeżeli przedmiot znajduje się wewnątrz ogniskowej. Ponieważ obrazy urojone możemy widzieć, przedmiot oglądany przez lupę wydaje się nam większy.

Doświadczenie 15 Lupa

Przekonajmy się o słuszności naszych rozważań i użyjmy do tego celu naszej lupy (montaż A, strona 2). Ponieważ przy zmianie odległości soczewki od przedmiotu wielkość pozornego obrazu zmienia się w dużym stopniu, odległość od oka powoduje nieduże zmiany, lupa powoduje zwiększenie kąta widzenia i przedmiot dzięki temu wydaje się nam większy. Przy krótszych ogniskowych soczewek otrzymujemy większe obrazy pozorne i dzięki temu silne powiększenie kąta widzenia. Dlatego jest zrozumiałym, że dwie soczewki skupiające, umieszczone jedna za drugą muszą mieć większą zdolność załamywania, a więc krótsze ogniskowe niż jedna soczewka.

Doświadczenie 16 Soczewka rozpraszająca jako lupa?

Spróbujmy użyć naszą soczewkę rozpraszającą (32) jako lupę. Otrzymujemy obraz zmniejszony.

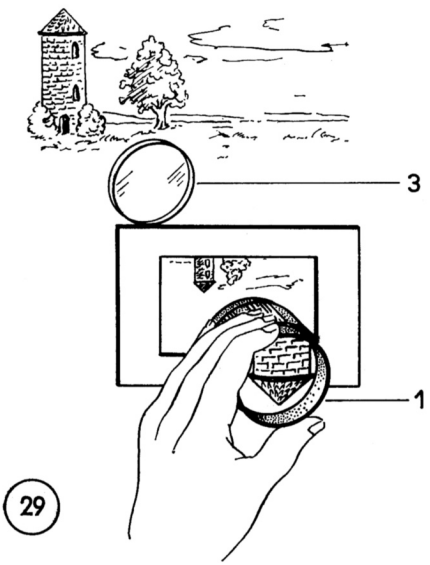
Powstawanie obrazu stanie się dla nas jasne, kiedy przypomnimy sobie rys. 27.

Ponieważ promienie światła przy przechodzeniu przez powierzchnie ograniczone formą kulistą, taką jaka występuje w soczewkach, są załamywane silniej przy krawędziach niż w pobliżu osi, punkt obiektu nie może odtwarzać jednoznacznie zdefiniowanego punktu na obrazie. Mówimy o błędzie soczewki, który nazywamy w tym przypadku „aberacją sferyczną", (rys. 34). Jeżeli zakrzywienie soczewki w stosunku do jej średnicy nie jest duże, to znaczy że przy większej ogniskowej aberacja sferyczna będzie mniejsza.

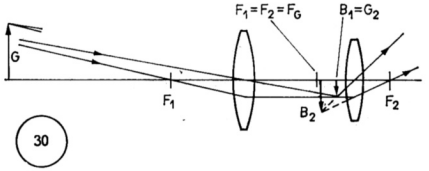
Dalszy błąd powstaje przez to, że światło różnego koloru jest w różnym stopniu załamywane. Soczewki rozszczepiają światło podobnie do pryzmatów na kolory widma. Krótkofalowe, fioletowoniebieskie światło jest silniej załamywane niż długofalowe światło czerwone. Przez to, ogniskowa dla niebieskiego światła jest krótsza niż dla żółtego lub czerwonego. Błąd ten nazywa się błędem barwy (chromatyczna aberacja). Można go zmniejszyć tylko wtedy, kiedy używa się bardzo długie ogniskowe lub kiedy pracuje się obiektywami o bardzo małej średnicy, co z kolei prowadzi do małego naświetlenia luney. Przy większych lunetach używa się także dla zmniejszenia błędu barwy specjalnych kombinacji soczewek.

Doświadczenie 17 Zasada lunety astronomicznej

Najpierw powtarzamy doświadczenie 9, w którym uzyskujemy na ekranie z kalki kreślarskiej zmniejszony i odwrócony obraz jak w aparacie fotograficznym. Obraz ten obserwujemy przez naszą lupę, według rys. 1. Jak wykazało doświadczenie 15, lupa powiększa odwrócony obraz na ekranie z kalki (rys. 29). Chodzi więc teraz o dwa następujące po sobie optyczne odwzorowania.



Otrzymany na ekranie z kalki obraz, jest początkowo „obrazem pośrednim" służącym do drugiego optycznego odwzorowania przedmiotu. Dla obydwóch optycznych odwzorowań, odnoszą się drogi promieni przedstawione na rysunkach 23 i 26. Obydwa te odwzorowania kombinuje się ze sobą, przy czym obraz powstały przy pomocy pierwszej soczewki (obraz B_1) przyjmuje się jako przedmiot G_2 drugiej soczewki (lupa), w ten sposób uzyskuje się drogę promieni według rysunku 30, przy czym dla uproszczenia rysuje się tylko promień



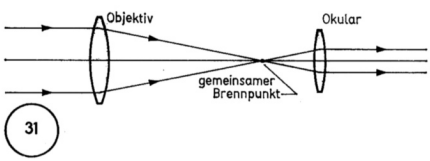
przechodzący przez punkt środkowy i przez ognisko soczewki. Nasz ekran z kalki kreślarskiej, znajdujący się w miejscu obrazu pośredniego, nie jest już więcej potrzebny. Obraz pośredni powstaje i bez ekranu, a nawet jest wyraźny przy oglądaniu go przez lupę, ponieważ obrazu nie zakłóca uziarnienie papieru. I tak mamy już lunetę, której zasadę podał już Johannes Kepler w 1611 roku. Dlatego też luneta ta nazywa się **lunetą Keplera** i ponieważ używana jest przede wszystkim do astronomicznych obserwacji była i jest nazywana **lunetą astronomiczną.** Przy obserwacjach astronomicznych nie przeszkadza odwrócony obraz.

Obydwie soczewki astronomicznej lunety nazywać będziemy dalej soczewką obiektywu lunety, jest to soczewka zwrócona w kierunku obserwowanego przedmiotu, i soczewką okularu lunety, zwróconą do obserwującego. Jeżeli soczewki te znajdują się w zamocowaniach do wbudowania do lunety, wtedy mówimy o obiektywie i okularze.

Doświadczenie 18 Długość konstrukcyjna lunety astronomicznej

Rys. 31 pokazuje nam drogę promienia równoległe do osi optycznej promieni wpadających w astronomiczną lunetę. Możemy zauważyć, że promienie przecinają się w ognisku obiektywu.

Ten punkt ogniskowy jest jednocześnie ogniskiem okularu od strony przedmiotu. Promienie opuszczają okular znów równolegle. W przypadku bardzo dalekiego obiektu, np. gwiazdy, obraz pośredni znajduje się według naszego doświadczenia 17 bezpośrednio obok ogniska obiektywu (i leżącego mniej więcej w tym miejscu ogniska okularu).



Wynika z tego ogólna reguła dla długości konstrukcyjnej astronomicznej lunety czyli dla długości miedzy obiektywem i okularem, że wynosi ona wartość sumy obydwóch ogniskowych.

Ogniskowa soczewki (3) wynosi 106 mm. Soczewka (30) ma ogniskową równą 30 mm. Jeżeli więc weźmiemy te soczewki jako obiektyw i okular, długość konstrukcyjna modelu B według rysunku 9 wyniesie 136 mm.

Dla potwierdzenia mierzymy zestaw lunety z doświadczenia 17.

Doświadczenie 19 Prosta luneta astronomiczna

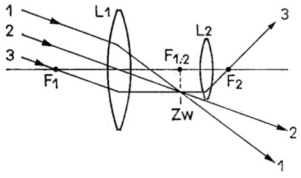
Teraz możemy budować prostą lunetę astronomiczną z elementów 2, 3, 4, 19, 20, 21, 22, 26, i 30, należących do naszego zestawu konstrukcji zespołowych. Zgodnie z instrukcją montażu, montujemy lunetę w formie wykonania B (porównaj rys. 9). W okularze osadzamy soczewkę (30) (f = 30 mm), przy czym płaską powierzchnię kierujemy w stronę oka. W tym celu wkładamy soczewkę (30) do okularu (20), zanim osadzimy go na rurze okularu (porównaj montaż D). Możemy teraz nasz zmontowany okular lekko przekręcić w krótkiej prowadnicy okularu (26), zmieniając przy tym położenie soczewek tak, aż pokryją się mniej więcej obydwa ogniska. Nasza mała luneta umożliwia nam już pierwsze nieskomplikowane obserwacje.

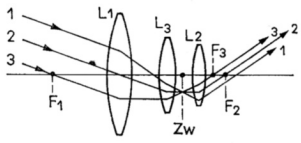
Doświadczenie 20 Astronomiczna luneta z przysłoną pola widzenia

Możemy poprawić obraz w naszej prostej lunecie astronomicznej, jeżeli w miejscu gdzie powstaje pośredni obraz umieścimy jedną z naszych przysłon. Przysłony (34) i (37) mają różne średnice. Przy użyciu przysłony o mniejszej średnicy krawędzie obrazu będą wyraźniejsze, jednakże widoczne pole obrazu będzie mniejsze. Zdecydujmy się najpierw na przysłonę (35) i osadźmy ją w rowku 6 naszego okularu. Użytkowy zakres nazywamy **polem widzenia.** Nasza przysłona jest więc w tym wypadku **przysłoną pola widzenia.**

Doświadczenie 21 Usprawnienie okularu soczewką pola widzenia

Soczewki pola widzenia, są soczewkami, które umieszcza się w bezpośredniej bliskości obrazu pośredniego. Rys. 32 pokazuje działanie soczewki pola widzenia w bliskiej odległości od obrazu pośredniego w astronomicznej lunecie. W górnej części obrazu ma miejsce przechodzenie promieni bez soczewki pola widzenia, w dolnej promienie przechodzą przez soczewkę (L_3). Podczas kiedy bez soczewki pola widzenia z trzech równolegle padających promieni dwa z nich „znikają", to dzięki soczewce wszystkie trzy promienie kierowane są na soczewkę okularu (L_2). Soczewki pola widzenia w znacznym stopniu poprawiają obraz, jednakże w nieznacznym stopniu zmniejszają powiększenie obrazu.





32

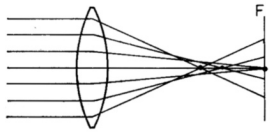
Uzupełniamy nasz okular soczewką pola widzenia, umieszczając w rowku 5 okularu soczewkę (30). Bezpośrednio przed soczewką pola widzenia umieszczamy przysłonę pola widzenia (35) w rowku 6 (rys. 33).

Doświadczenie 22 Średnia luneta astronomiczna

Zbudujemy teraz lunetę według modelu D (rys. 9). Przy zastosowaniu tego samego okularu jak w doświadczeniu 21, prędko przekonywujemy się, że nasza średnia luneta astronomiczna bardziej powiększa.

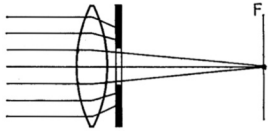
Nasze obrazy są jednak nieostre. Przyczyna w dużym stopniu leży w tym, że promienie światła na krawędziach soczewki są silniej załamywane, niż promienie przechodzące w pobliżu optycznej osi. Powstający przez to błąd w odniesieniu do ogniskowej dla różnie oddalonych od osi optycznej promieni nazywamy „aberacją sferyczną".

34

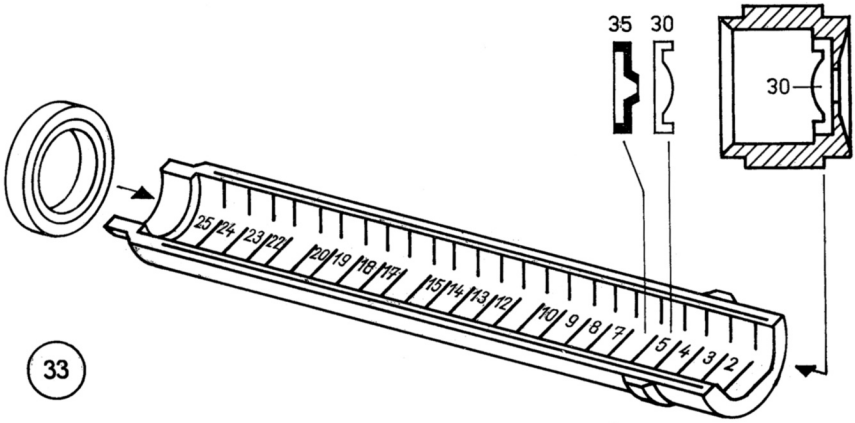


Soczewki skupiające mają dla promieni przy krawędzi mniejsze ogniskowe niż dla promieni w pobliżu osi (rys. 34). W celu zmniejszenia tego błędu, który w znacznym stopniu powoduje nieostrość, którą widzimy, używamy przysłon, które zakrywają promienie na krawędziach (rys. 35). Przysłony te

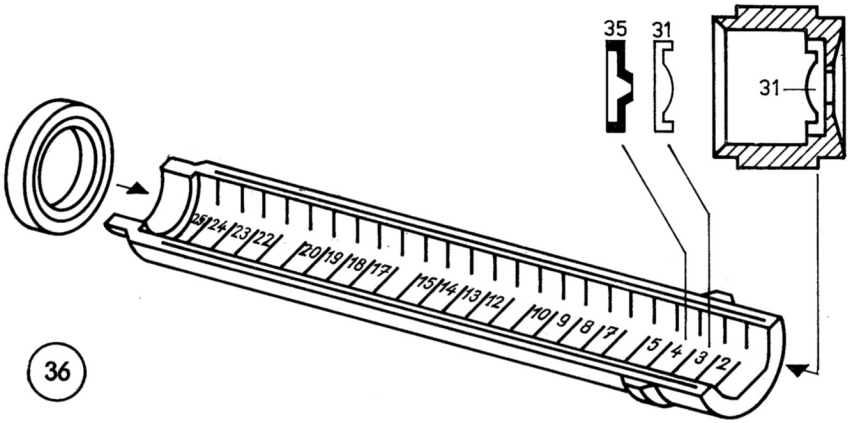
35



umieszcza się albo przy soczewce okularu lub przy soczewce obiektywu lub przy obydwóch. Nasz średni obiektyw pozwala nam przez obrót pierścienia przestawiania (10) zmianę średnicy przysłony przy obiektywie. Możemy stwierdzić, że przy większym zamknięciu przysłony obiektywu obraz staje się ostrzejszy, stając się jednocześnie ciemniejszym. Jest to zjawisko znane każdemu, kto fotografuje. Jeżeli chodzi o nasze obserwacje, szczególnie o obserwacje astronomiczne możemy z tego wyciągnąć wniosek, że np. księżyc jako obiekt jasny może być obserwowany z większą ostrością obrazu uzyskaną pzry małym otworze przysłony, a gwiazdy słabo świecące przy większym otworze przysłony.



33



36

Doświadczenie 23 Duża astronomiczna luneta

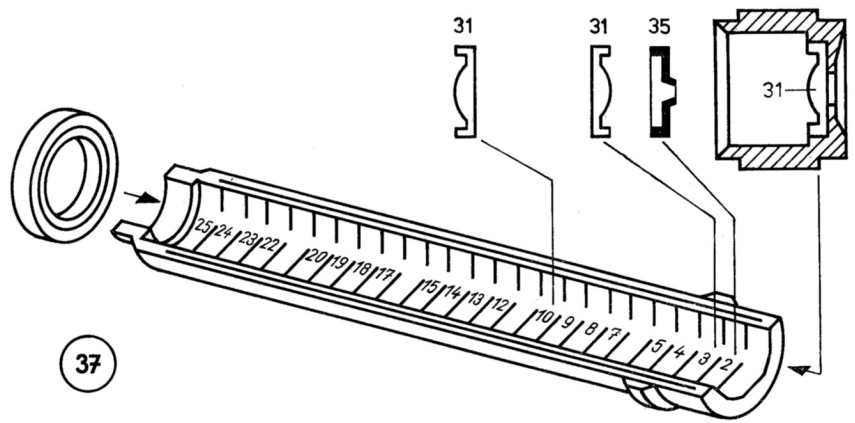
Powtarzamy teraz doświadczenie 22, używając jednak dużej rury lunety (model F według rys. 9). Także przy większym obiektywie można zmieniać otwór przysłony przez przekręcanie pierścienia przestawiania (17). Nasza duża luneta jest jeszcze bardziej sprawna niż średnia.

Doświadczenie 24 Bardziej doskonały okular

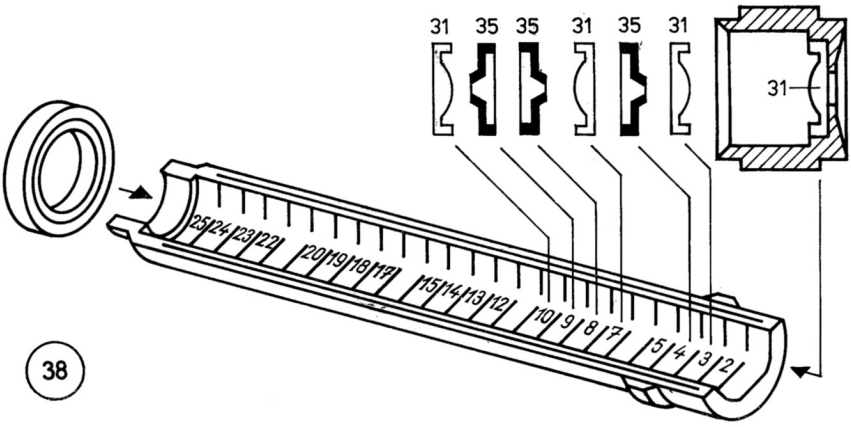
Także poprzez ulepszenie okularu można jeszcze polepszyć możliwości obserwacji przy pomocy naszej lunety. Stosujemy teraz dwie soczewki (31) umieszczając je według rys. 36. Dzięki mniejszym ogniskowym tych soczewek w porównaniu z dotychczas używanym okularem otrzymujemy prawie podwojenie powiększenia. Wypróbowujemy także nasz nowy okular w małej i średniej lunecie (modele D i F według rys. 9).

Doświadczenie 25 Luneta ziemska z soczewką odwracającą

W naszej lunecie astronomicznej przeszkadza przy obserwacjach na ziemi, że obraz jest odwrócony. W celu zmiany położenia obrazu wykorzystujemy właściwości soczewki skupiającej. Przypominamy sobie nasze doświadczenie 10 i rys. 24. Nasza rura okularu z wieloma rowkami pozwala nam umieścić przed przysłoną pola widzenia w miejscu przechodzenia promieni soczewkę odwracającą obraz, (rys. 37). Używamy do tego celu dalszej soczewki (31). Soczewka odwracająca odwraca obraz powstały na obiektywie (pierwszy) obraz pośredni, nie powiększając go. Powstaje drugi obraz pośredni obserwowanego przedmiotu przy przysłonie pola widzenia, obraz nie jest odwrócony. Możemy naturalnie zamiast tego albo dodatkowo, osadzić w miejscu pierwszego obrazu pośredniego przysłonę pola widzenia, to jest w 16 lub 17 rowku. Lunety ziemskie muszą być znacznie dłuższe niż lunety astronomiczne, a mianowicie o poczwórną długość ogniskowej soczewki odwracającej, ponieważ pierwszy i drugi obraz pośredni znajdują się w odległości podwójnej ogniskowej przed i za soczewką odwracającą.



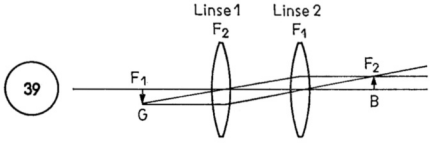
37



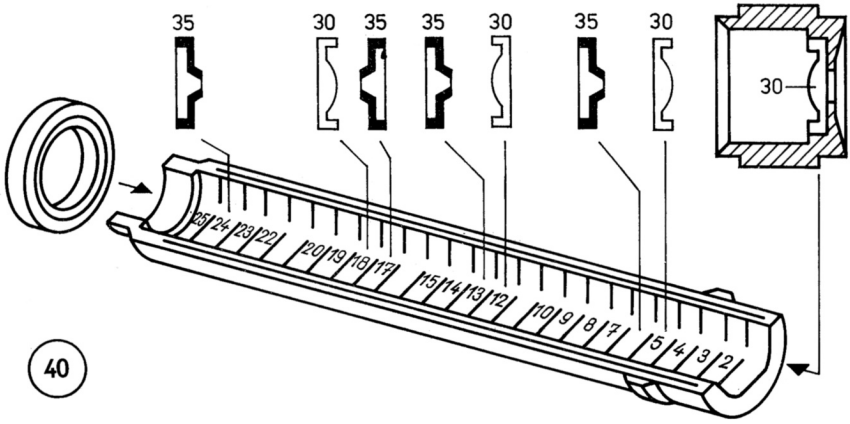
Lunety te możemy zmontować z średnim obiektywem według rys. 9 D i z dużym obiektywem według rys. 9 F. W lunecie F możemy wypróbować, że celowym jest umieszczenie w pierścieniu mocującym (11) pierścienia zaciskowego (27) i zamocowanie w średniej rurze jako dalszej przysłony pola widzenia.

Doświadczenie 26 Ziemska luneta z zespołem soczewek odwracających

Jakość naszego obrazu w lunecie ziemskiej według doświadczenia 25 budzi jeszcze dużo zastrzeżeń. Możemy jednak jeszcze obraz w znacznym stopniu polepszyć, kiedy w miejsce pojedynczej soczewki odwracającej zastosujemy kombinację złożoną z dwóch soczewek i oprócz tego zmniejszymy sferyczną aberację przysłaniając promienie na krawędziach. Dlatego budujemy nasz okular według rys. 38. Na rys. 39 widzimy przechodzenie promieni przez zespół dwóch soczewek odwracających biegących od „przedmiotu" G (pierwszego obrazu pośredniego) równolegle do optycznej osi oraz promienia przechodzącego przez środek pierwszej soczewki.



Druga soczewka jest tak umieszczona, że jej środkowy punkt leży w ognisku pierwszej soczewki. Promień pierwotnie równoległy załamany przez pierwszą soczewkę do jej ogniska przechodzi przez punkt środkowy drugiej soczewki, podczas kiedy promień przechodzący przez środek pierwszej soczewki, po przejściu przez drugą soczewkę jest równoległy do optycznej osi. Powstaje dzięki temu odwrócony w stosunku do obrazu pierwszego drugi obraz pośredni o tej samej wielkości, który można obserwować przez okular. Przysłony powodują, że zmniejszają się rozproszenia spowodowane promieniami krawędziowymi, chociaż takie symetryczne ustawienie jakie mamy przed sobą także w znacznym stopniu przyczynia się do zmniejszenia rozproszenia.

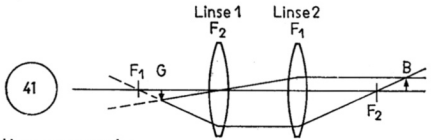


Doświadczenie 27 Symetryczny zespół soczewek odwracających w lunecie ziemskiej z dwiema przysłonami pola widzenia

Teraz możemy budować kompletną lunetę ziemską z symetrycznym zespołem soczewek odwracających i dwiema przysłonami pola widzenia, podobnie jak w doświadczeniu 26. W przeciwieństwie do doświadczenia 26 jednak używami teraz soczewek (30) według rys. 40. Stosujemy model E według rys. 9. Powiększenie jest mniejsze w porównaniu z doświadczeniem 26, obrazy jednak są trochę wyraźniejsze. Musimy i tu zapoznać się z regułą, że polepszenie jednej właściwości systemu optycznego możliwe jest tylko kosztem pogorszenia drugiej właściwości. Chodzi o to, żeby zawsze znaleźć kompromis najkorzystniejszy dla danego celu. Dotyczy to nie tylko lunet naszego zestawu, lecz zasadniczo wszystkich optycznych systemów.

Doświadczenie 28 Powiększający zespół soczewek odwracających w lunecie ziemskiej

Jak każda soczewka pojedyncza każdy zespół soczewek odwracających może działać powiększająco. W tym celu obserwowany przedmiot (przy lunecie ziemskiej, pierwszy obraz pośredni) trzeba umieścić w ogniskowej pierwszej soczewki względnie w podwójnej ogniskowej drugiej soczewki (rys. 41).



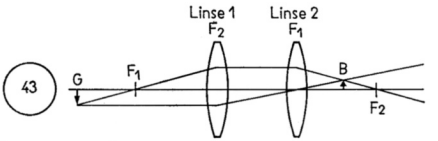
Linse = soczewka

Otrzymuje się wtedy powiększony obraz poza ogniskową drugiej soczewki względnie podwójną ogniskową pierwszej soczewki. Spróbujmy to z zestawem według rys. 42, i stwierdzamy, że nasza luneta ziemska powiększa więcej jak przy doświadczeniu 27.

Żeby jeszcze bardziej powiększyć przemieszczamy zespół soczewek odwracających jako całość aż do 23 rowka. Przysłona z 18 rowka nie jest potrzebna.

Doświadczenie 29 Zmniejszający zespół soczewek odwracających

Działanie zespołu soczewek odwracających według doświadczenia 28 można odwrócić powiększając odstęp zespołu soczewek od pierwszego obrazu pośredniego (dalej od ogniskowej według doświadczenia 27). Rys. 43 pokazuje przechodzenie promieni, rys. 44 zestawienie soczewek i przysłon.



Linse = soczewka

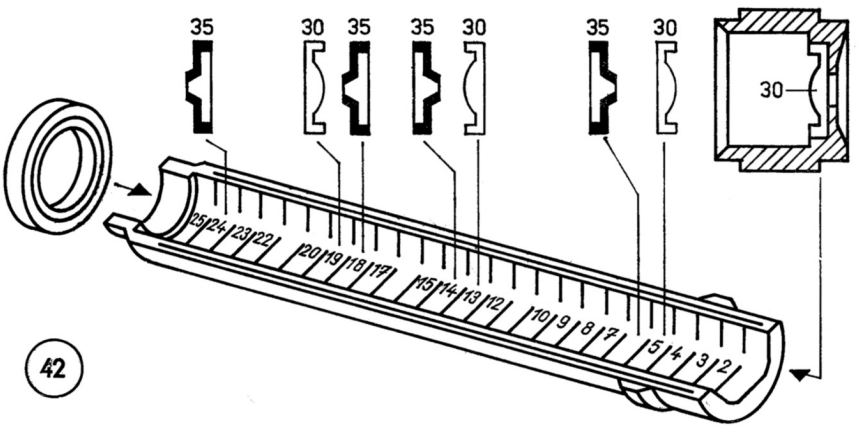
Doświadczenie 30 Zmiana soczewek i przysłon

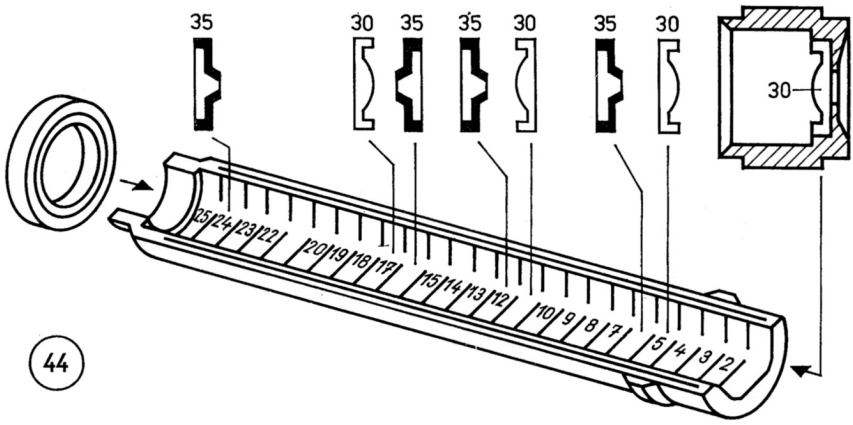
Dzięki licznym możliwościom wynikającym z dużej ilości rowków naszej rury okularu możemy sami próbować kombinując z soczewkami i przysłonami. Zbadamy przy tym sami, wpływ ogniskowych, odstępów soczewek (można też eksperimentować zmieniając odstępy między soczewkami, np. można w zespole soczewek odwracających obydwie soczewki zbliżać!) i średnic przysłon.

W ramach tej książeczki nie jest możliwe wymienienie wszystkich kombinacji które można było by wypróbować.

Również soczewki o różnych ogniskowych można wspólnie używać w jednym okularze lub zespole soczewek odwracających (np. kombinacje soczewek ⟨30⟩ i ⟨31⟩).

Trzeba zastanawiać się przystępując do doświadczeń, jakie jest przechodzenie promieni przez wybrane kombinacje soczewek i przysłon.





Doświadczenie 31 Soczewka pola widzenia w średniej rurze

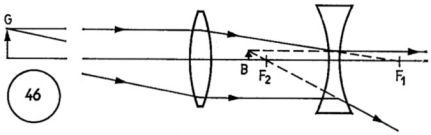
Jak już opisane zostało w instrukcji montażu (punkt E, strona 5), możemy wbudować w naszą ziemską lunetę dodatkową **soczewkę pola widzenia, współpracującą** z obiektywem. Dzięki temu otrzymujemy modele G i H (porównaj rys. 9). Używamy przy tym w dużym obiektywie soczewkę (14) a jako soczewkę pola widzenia soczewkę (7). Używając takiej lunety ziemskiej otrzymujemy dobre powiększenie, które odpowiada mniej więcej powiększeniu uzyskiwanemu przez dużą lunetę astronomiczną.

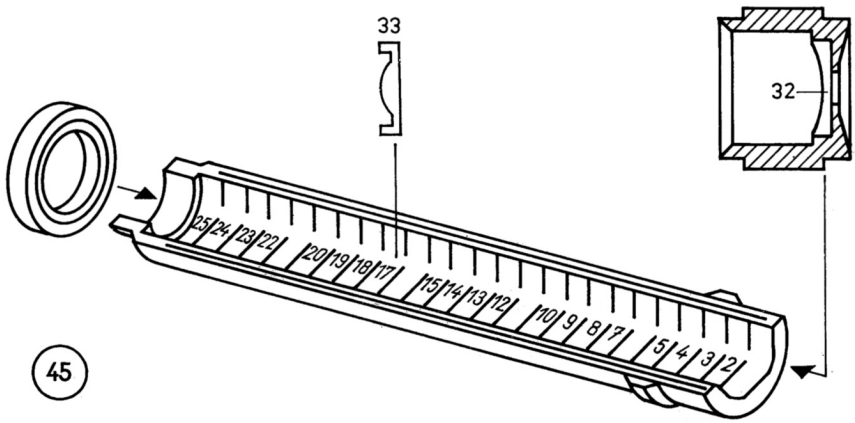
Doświadczenie 32 Ziemska luneta z soczewką pola widzenia i różnymi okularami

Wypróbujmy teraz przy pomocy naszej ziemskiej lunety, według doświadczenia 31 różne okulary, które używaliśmy już w naszych poprzednich doświadczeniach i znajdźmy rozwiązanie, które wydaje się nam najbardziej korzystne.

Doświadczenie 33 Luneta holenderska

Istnieją także lunety, dające bez zestawu soczewek odwracających obraz nieodwrócony. Lunety te, nazywane lunetami holenderskimi mają stosunkowo niewielką długość, dając jednakże nieznaczne powiększenia. My chcemy jednak mimo tego zobaczyć na jakiej zasadzie działają. Używamy tylko rury okularu i osadzamy soczewki według rys. 45. Rura okularu użyta zostanie w naszym doświadczeniu jako luneta, soczewka (33) jest obiektywem, soczewka (32) okularem. Soczewka obiektywu, soczewka skupiająca daje odwrócony obraz oddalonego obserwowanego przedmiotu





między jej ogniskową i podwójną ogniskową. Na drodze promieni znajduje się jednak soczewka rozpraszająca (32), odsuwa ona obraz tak daleko od oka zgodnie z drogą promieni według rys. 46, że możemy go oglądać w wyraźnej perspektywie. Pozostaje jednak jak widać na rys. 46 powiększenie kąta widzenia, tak że i ta luneta powiększa.

Holenderskie lunety używa się wszędzie tam, gdzie nie ma dużych wymagań w stosunku do powiększenia, jednakże żądana jest mała długość konstrukcyjna, np. dla lornetek teatralnych.

Doświadczenie 34 Holenderska luneta ze średnim i dużym tubusem

Możemy także zmontować holenderską lunetę z naszym tubusem, przy czym w okularze używamy soczewki (32) a w rowku 6 rury okularu osadzamy przysłonę (34). Ponieważ konstrukcyjna długość tej lunety jest znacznie mniejsza niż lunety astronomicznej lub ziemskiej (lunety Keplera z odwróconym i nieodwróconym obrazem), musimy konstrukcję lunety holenderskiej także zmienić.

Używając średniego obiektywu (5) osadzamy kompletnie zmontowany obiektyw w większej średnicy zewnętrznej małej rury (22). W małą rurę osadzamy krótką prowadnicę okularu i teraz możemy już skręcić uprzednio zmontowaną rurę okularu.

Jeżeli chcemy przeprowadzić to doświadczenie przy użyciu dużego obiektywu (12), osadzamy go w komplecie na dużej średnicy średniej rury (23). Dalej potrzebujemy małą rurę (22), krótką prowadnicę okularu (26) oraz zmontowaną już w komplecie rurę okularu.

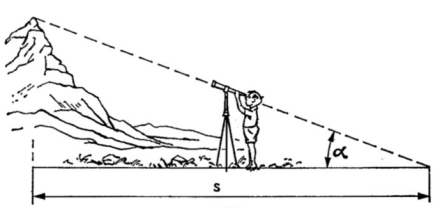
Używając mały obiektyw (1) i rurę okularu nie możemy przeprowadzić tego doświadczenia.

Lunety te nadają się jednakże tylko do wykazania jak zachowuje się kombinacja soczewek, praktycznie nie nadają się one do użytku.

Przyczyną tego jest to, że holenderskie lunety dają wyniki liczące się w praktyce tylko przy bardzo krótkich formach konstrukcyjnych. Dlatego też ich zakres użytkowania jest ograniczony.

Doświadczenie 35 Pomiar kąta dla określania wysokości

Nasza, całkowicie zmontowana luneta, którą możemy razem z jej statywem przymocować do blatu stołu lub parapetu okiennego, pozwala nam w celu określania wysokości mierzyć kąt wzniosu konieczny do tego.



47

W tym celu konstruujemy lunetę według rys. 14 i używamy ziemskiej lunety z zespołem soczewek odwracających obraz. Wykonywanie pomiaru przedstawione jest na przykładzie podanym na rys. 47. Na elementach (43) i (46) naszej zmontowanej lunety, znajdują się podziałki, na których możemy odczytywać kąty.

Wysokość wzniesienia ponad horyzont (linię horyzontu) określa następujące równanie

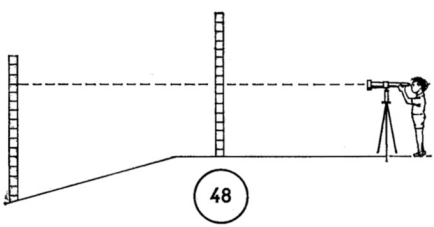
$$\text{Wysokość} = s \times \operatorname{tg}\alpha$$

Wartość tangensa bierzemy z tabeli.

W tym i w następnym doświadczeniu 36 koniecznym jest naklejenie na przysłonę pola widzenia krzyża z dwóch cienkich nitek lub z dwóch włosów.

Doświadczenie 36 Niwelowanie

Przy pomocy łaty własnoręcznie wykonanej z liniami w jednakowych odstępach lub przy pomocy dwóch rozłożonych metrówek, możemy przy pomocy naszej lunety, jeżeli nastawimy wszystkie podziałki kątowe na zero, przystąpić do niwelowania po ustawieniu łat jedna za drugą szeregowo i skierowaniu na nie lunety (rys. 48), określając przy tym różnicę wysokości.



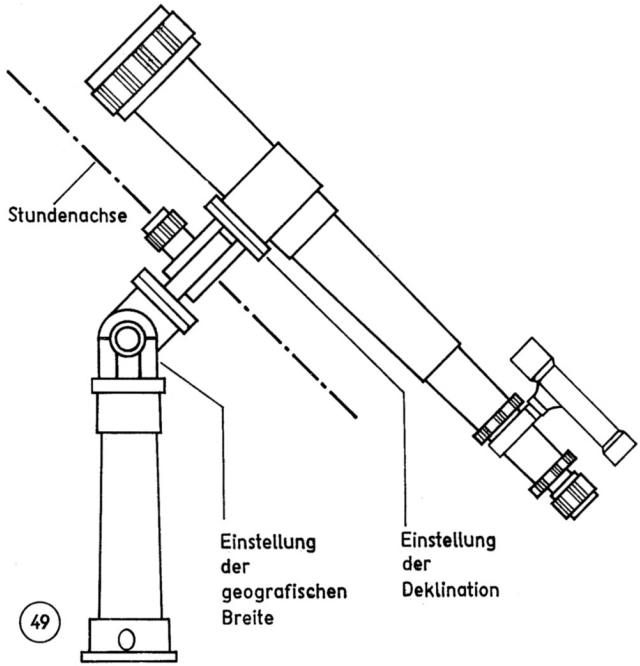
48

Konieczne jest przy tym sprawdzenie poziomego położenia lunety.

Ma to znaczenie np. w. budownictwie.

Doświadczenie 37 Przygotowanie lunety do astronomicznych obserwacji, przez nastawienie na szerokość geograficzną miejsca obserwacji

Dla wielu astronomicznych obserwacji lunetę trzeba ustawić w ustawienie podstawowe, na szerokość geograficzną miejsca obserwacji. Po możliwie stabilnym zmontowaniu, na wszystkich podziałkach nastawia się zero. Następnie przestawia się przy dolnym przegubie (rys. 49).



49

Górny przegub oraz tarcza skali pozostają w położeniu zerowym. Poszukiwawcza luneta nasadza się (porównaj montaż F) i odnajduje gwiazdę polarną. Gwiazda polarna jako jasna gwiazda jest łatwa do znalezienia na pięciokrotnym przedłużeniu tylnej osi Wielkiego Wozu, jest ona widoczna na niebie przez całą noc (naturalnie tylko przy bezchmurnym niebie). Jeżeli mamy już tą gwiazdę w naszej lunecie, ustawiamy ją w środku pola widzenia w naszej dużej lunecie. Znalezione położenie zaznaczamy rysą na przegubie statywu, w celu łatwego ponownego odnalezienia gwiazdy. Ustawienie zależne jest od geograficznej szerokości miejsca obserwacji. Jeżeli więc zabierzemy ze sobą naszą lunetę na wakacje, może się zdarzyć, że będziemy musieli wykonać nowe nastawienie. Po ustawieniu w ten sposób lunety, jej optyczna oś (jeżeli pozostałe podziałki ustawione są na zero) przebiega równolegle do osi kuli ziemskiej.

Doświadczenie 38 Ustawianie osi godzinowej

Przy górnym przegubie naszego montażu możemy przestawiać tak zwaną ós godzinową. Firmament obraca się przecież pozornie przez 24 godziny jeden raz wokół osi ziemi. Optyczna oś naszej lunety biegnie po ustawieniu geograficznej szerokości równolegle do osi ziemi. Wobec tego powinniśmy lunetę obracać dalej tylko wokół osi godzinowej (rys. 49), a mianowicie co godzinę o 15 stopni, dla osiągnięcia, żeby raz nastawiona stała gwiazda w nocy była zawsze w polu widzenia lunety.

Doświadczenie 39 Nastawianie deklinacji

Deklinacja jest w przypadku gwiazdy kątem jej odstępu od równika niebieskiego. Nastawiamy je górnym przegubem obrotowym naszej zmontowanej lunety (rys. 49).

Doświadczenie 40 Nastawianie rektascencji (wzniesienie proste)

Rektascencję nastawia się na osi godzinowej. Jest ona kątem między punktem równonocy wiosennej i punktem przecięcia równika niebieskiego z kołem godzinnym ciała niebieskiego. Nastawianie rektascencji jest w zasadzie możliwe naszą lunetą, wymaga jednak doświadczenia z obchodzeniem się z mapą astronomiczną i wskazywaniu położenia gwiazd.

Po zapoznaniu się w jaki sposób pracuje nasza luneta, kierujemy nasze zainteresowania na obserwacje astronomiczne.

III. Astronomiczne obserwacje

Astronomia jest czymś więcej niż hobby. Astronomiczne obserwacje od wielu już tysięcy lat wpływały na obraz naszego świata. Dzisiaj astronomowie i fizycy mogą już udzielić istotnych wyjaśnień jak rozwijał się nasz świat i jak się będzie prawdopodobnie rozwijał dalej. Człowiek zaczął już opuszczać ziemię. Interesuje się czy znajdzie na innych planetach warunki umożliwiające życie, które były by podobne do warunków panujących na ziemi. Według posiadanych przez nas wiadomości jest prawdopodobnym, że w kosmosie obok naszej ziemi istnieje jeszcze wiele gwiazd i układów gwieździnych z planetami, na których rozwinęło się prawdopodobnie kiedyś życie w formie jeszcze nam nieznanej i być może dla nas przy naszych wiadomościach niewyobrażalnej. Jakie jest podobieństwo tego życia z życiem na naszej ziemi, czy istnieją cywilizacje podobne do naszych, jest to pytaniem, które dzisiaj jeszcze leży w zakresie spekulacji.

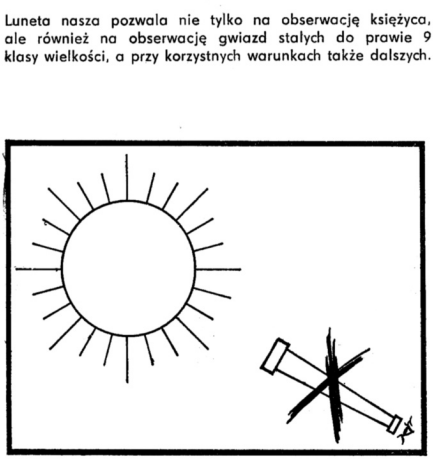
Osiągnięcia w astronomii, uzyskane wiadomości o wszechświecie, posłużyły w wielu przypadkach do bezpośredniego wykorzystania dla dobra naszej ludzkości, służą one nam dalej i być może służyć jeszcze będą w późniejszych czasach. Obserwacje gwiazd i ich ruchów pozwalają na odkrywanie praw fizycznych odnoszących się także do innych zjawisk zachodzących na ziemi. Satelity krążące wokół ziemi, sondy kosmiczne lecące na inne planety lub badające nasz system słoneczny, a nawet już opuszczające go, poruszają się według praw które już sformułowali Johannes Kepler i Izaak Newton. Fizyczne badania w przestrzeni kosmicznej pozwalają na uzyskiwanie potwierdzeń teorii Alberta Einsteina na drodze eksperimentalnej.

Są to tylko niektóre przykłady

Obok suchych naukowych rozeznań, których dostarcza nam zajmowanie się astronomią, nie powinniśmy zapominać o dostarczającym estetycznych wzruszeń pięknie nieba usianego gwiazdami. Już spojrzenie gołym okiem na niebo w nocy, na poszczególne planety lub na księżyc robi wrażenie. Jeżeli jednak zobaczymy przez lunetę pola kraterów na księżycu, pokrywające towarzysza ziemi oddalonego ponad 300 000 kilometrów, i kiedy zdamy sobie sprawę, że ten księżyc w naszych czasach stał się dostępnym dla wykonywania bezpośrednich badań, porusza nas to do głębi i dowodzi nam jakie ogromne możliwości ma już dzisiaj człowiek dzięki rozwojowi nauki i techniki.

Podstawowe zasady astronomicznych obserwacji

Luneta nasza pozwala nie tylko na obserwację księżyca, ale również na obserwację gwiazd stałych do prawie 9 klasy wielkości, a przy korzystnych warunkach także dalszych.



Dla porównania: gołym okiem możemy na bezchmurnym niebie w nocy w najkorzystniejszym przypadku rozeznać około 6 000 gwiazd — przy pomocy naszej lunety więcej niż 100 000! Musimy jednak wystrzegać się obserwowania słońca, ponieważ wzrok nasz może zostać poważnie uszkodzony kiedy będziemy patrzeć na słońce przez lunetę (także przy najmniejszym powiększeniu!).

Skoncentrowane światło i energia cieplna mogą wywołać nieodwracalne uszkodzenia wewnątrz gałek ocznych!

Przy obserwacjach astronomicznych musi się zwracać uwagę na cały szereg podstawowych spraw, jeżeli chce się wykorzystać całkowicie możliwości swojego instrumentu.

— instrument powinien być możliwie sztywno zmontowany. Każdy wstrząs, np. wywołany przez przejeżdżający pojazd, wstrząsy wywołane przez uderzenie a także przez wiatr, przeszkadza spokojowi obserwacji obiektu. W zależności od stopnia powiększenia to znaczy przy większym powiększeniu zakłócenia te są bardziej zauważalne.

— obserwacje przeprowadza się przy bezchmurnym niebie. Bardzo dobrze jest np. zabrać lunetę na urlop, ma się wtedy możliwości obserwacji w miejscu bez zakłóceń, w czystej atmosferze bez zanieczyszczeń i zamgleń jak to często spotyka się w dużych aglomeracjach miejskich i w sąsiedztwie wielkiego przemysłu.

— mamy, jak to widzieliśmy w doświadczeniach cały szereg możliwości zmiany powiększenia przez nasz instrument, jasności obrazu, jego ostrości oraz innych wielkości. Celowym jest, dopasowanie optycznych wartości lunety do celu obserwacji. Jeżeli np. chcemy obserwować księżyc, należy to robić przy możliwie największym powiększeniu i przy zastosowaniu przysłony obiektywu o możliwie najmniejszym otworze. Księżyc jest prawie zawsze tak jasnym obiektem, że wystarcza mały otwór obiektywu, który daje nam stosunkowo ostry obraz, ponieważ błędy odwzorowania są małe. Jeżeli jednak chcemy obserwować np. podwójną gwiazdę słabowiecącą, nie możemy pracować z małym otworem przysłony. Jednakże często wystarcza nam dowód istnienia gwiazdy, tak że możemy się pogodzić z nieznaczną nieostrością obrazu będącą skutkiem dużego otworu obiektywu.

— przy obserwacji obiektu ważnym jest, żeby zachować możliwie wygodną i spokojną pozycję. Jeżeli nie można zachować wygodnej pozycji z przyczyny chwiania się lunety co z kolei powoduje niekorzystne położenie okularu, to pomimo to obserwacje należy przeprowadzać możliwie wygodnie. Oznacza to np. ciepłe ubranie przy obserwacjach w zimie lub przerwy między poszczególnymi obserwacjami. Można również stworzyć sobie wygodne warunki przez odpowiedni wybór miejsca zamocowania lunety, przy uwzględnieniu obserwowanego obiektu.

— dla pierwszych obserwacji, nie należy wybierać zbyt dużego powiększenia. Obiekt znajduje się prędzej, przy większym polu widzenia.

— jeżeli luneta poddawana będzie zmiennym temperaturom, może to łatwo prowadzić do zbierania się skroplonej pary wodnej np. na zimnych elementach lunety. Także optyczne wartości ulegają zmianom pod wpływem zmian temperatury. Dlatego też, należy zawsze odczekać do pełnego wyrównania temperatur. Z tej też przyczyny lunetę należy umieścić w miejscu obserwacji na pół lub dłużej godziny przed rozpoczęciem obserwacji.

Żeby można było przypomnieć sobie później w dokładny sposób, ciekawe obserwacje lub mieć możliwość porównania obserwacji odległych od siebie w czasie, astronom hobbysta sporządza ze swoich obserwacji protokóły, które niez-

będne są w naukowych obserwacjach. Protokóły te powinny zawierać przynajmniej te dane, które są niżej wymienione:

- miejsce obserwacji i czas obserwacji
- dane o użytej lunecie, wartości charakteryzujące lunetę, w razie potrzeby dane o użytych obiektywach i okularach oraz pozostałe optyczne oprzyrządowanie lunety
- sposób zamocowania lunety
- obserwowany obiekt i cel obserwacji
- wykonane nastawienia lunety lub zmontowanej całości
- warunki zewnętrzne, np. właściwości atmosfery, warunki pogodowe oraz inne czynniki wpływające na obserwacje
- zakłócenia w obserwacjach, np. wywołane światłem księżyca (przy bardzo jasnym świetle księżyca, obiekt może nie być widocznym nawet przy czystym niebie)
- uwagi (np. nieprzewidziane zakłócenia, konieczne nowe ustawienia itd.)
- wynik obserwacji.

My możemy tutaj podać tylko przykłady obserwacji. Każdy szczegółowy podręcznik astronomii zawiera jeszcze dużo dalszych wskazówek, dotyczących wszystkiego co można zobaczyć.

Sprawność naszej lunety wystarcza do tego, żeby spędzić wiele nocy na zajmowaniu się naszym pięknym hobby.

Księżyc

Sam księżyc nie świeci. Kiedy widzimy go na niebie, możemy obserwować tylko jego stronę zwróconą ku słońcu. Księżyc na nowiu jest niewidoczny. Mniej więcej po tygodniu, przy powiększającej się powierzchni półksiężyca (pierwsza kwadra księżyca) można go widzieć po zachodzie słońca na południu. Po upływie dalszego tygodnia pełny księżyc widoczny jest po zachodzie słońca na wschodzie. O północy znajduje się on na południu. Po następnym kolejnym tygodniu przy zmniejszaniu się widocznej powierzchni półksiężyca (ostatnia kwadra księżyca) księżyc wschodzi o północy i o wschodzie słońca znajduje się na południu. Tydzień później mamy znów nów księżyca.

Księżyc można obserwować tylko wtedy, kiedy szczegóły na powierzchni rzucają możliwie wyraźny cień. Dlatego księżyc w pełni nie jest odpowiednim obiektem do obserwacji. Najlepsze warunki obserwacyjne księżyca istnieją w pobliżu granicy cienia, jest to obszar na księżycu, na którym właśnie wschodzi lub zachodzi słońce. Ostra widoczność wzgórz i krawędzi kraterów na księżycu dowodzi że nie jest on otoczony atmosferą.

Na księżycu można zauważyć różnego rodzaju powierzchnie, jeżeli chodzi o ukształtowanie **(mapa księżyca na ostatniej stronie broszury).** Widoczne jako ciemne tereny mórz (początkowo mniemano, że są to morza, po łacinie mare) które prawdopodobnie zalane były kiedyś lawą i, jak dzisiaj wiemy nie mają wody, można odróżnić od górskich pierścieni i kraterów. Większe pierścienie górskie mają średnicę większą od 100 km, najwyższe góry mają około 6 000 m wysokości. Przypuszcza się, że kratery powstały pod wpływem uderzeń dużych meteorytów. Nasza mapa księżyca pokazuje nam nazwy i położenia powierzchniowych formacji na księżycu.

Załączona tabela podaje bliższe dane o księżycu.

Szczególnym wydarzeniem astronomicznym jest przesuwanie się ciemi przed księżycem. Księżyc dostaje się częściowo lub całkowicie w cień rzucany przez ziemię; nie jest on wtedy całkowicie oświetlany przez słońce. Tabela podaje daty oczekiwanych zaćmień księżyca z godziną rozpoczęcia się zaćmienia i z godziną zakończenia. Jeżeli księżyc znajdzie się przed słońcem, wtedy rzuca on cień na ziemię, a słońce jest wtedy ciemniejsze. Wydarzenie to oczekiwane jest ponownie w roku 1999, a dokładniej możliwość obserwacji tego zjawiska oczekiwana jest 11 sierpnia.

Poniżej niektóre dane ziemskiego księżyca

Najmniejsza odległość od ziemi	356 000 km
Średnia odległość od ziemi	384 400 km
Największa odległość od ziemi	406 700 km
Promień	1 738 km = 0,2725 promienia kuli ziemskiej
Masa	$73{,}52 \cdot 10^{21}$ kg = 1/81,3 masy ziemi
Gęstość	3,345 g/cm³
Powierzchnia	$37{,}96 \cdot 10^{6}$ km² = 1/13,44 powierzchni ziemi
Objętość	$21{,}98 \cdot 10^{9}$ km³ = 1/49,3 objętości ziemi
Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni księżyca	$1{,}62\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$ = 0,165 g (g = przyspieszenie ziemskie)

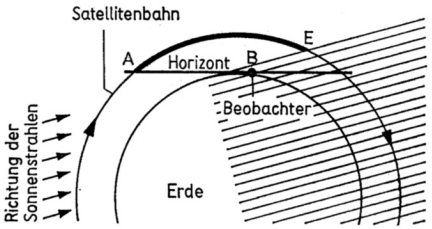
Zaćmienia księżyca od roku 1980 do roku 2000 w środkowej Europie (czas środkowo europejski)

Data	Początek	Koniec	Uwagi
9 styczeń 1982	19.13 h	22.38 h	t
4 maj 1985	19.16 h	22.36 h	t
28 październik 1985	16.55 h	20.30 h	t
17 październik 1986	18.29 h	22.07 h	t
20 luty 1989	14.43 h	18.27 h	t, E
9 luty 1990	18.29 h	21.54 h	t
9/10 grudzień 1992	22.59 h	2.28 h	t
29 listopad 1993	5.40 h	9.11 h	t, A
8 październik 1995	14.58 h	19.10 h	p, E
3/4 kwiecień 1996	23.21 h	2.59 h	t
27 wrzesień 1996	2.13 h	5.37 h	t
24 marzec 1997	3.58 h	7.21 h	p, A
16 wrzesień 1997	4.02 h	7.26 h	t
21 styczeń 2000	18.08 h	21.25 h	t

Objaśnienia: t = całkowite zaćmienie
p = częściowe zaćmienie
A = możliwy do obserwacji tylko początek
E = możliwy do obserwacji tylko koniec

Sztuczne satelity ziemi

Sztuczne satelity ziemi w najczęstrzych przypadkach można obserwować tylko o zmierzchu, wtedy kiedy obserwator znajduje się na nocnej stronie ziemi, a satelita jest jeszcze oświetlany przez słońce. Pokazuje to rys. 50. Jeżeli obserwator znajduje się w punkcie B, wtedy oświetlony słońcem satelita pokazuje się najpierw w punkcie A nad horyzontem. W punkcie E satelita wchodzi w cień ziemi i staje się niewidoczny. Żeby satelita w świetle słonecznym nie był rozmazany, obserwator musi znajdować się w punkcie B, a więc tam gdzie jest noc. Czym dalej znajduje się obserwator na nocnej stronie, tym bardziej punkt A przesuwa się w stronę granicy cienia, przez co skraca się czas możliwości obserwowania satelity.



50

Dla obserwacji satelity istotnym jest nie tylko jego miejsce oraz miejsce w którym znajduje się obserwator, lecz także kierunek, z którego jest on oświetlany przez słońce.

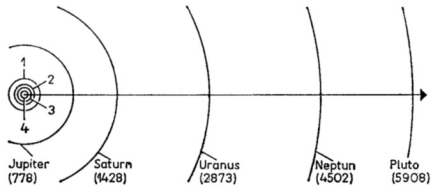
Satelita jest dla nas widoczny, kiedy jest dla nas „księżycem na nowiu", jeżeli jest „księżycem w pełni", to znaczy jego strona oświetlona słońcem jest skierowana w naszą stronę można go bardzo dobrze obserwować.

Rozróżniamy gwiazdy stałe i planety

Gwiazda stała widoczna jest w naszych obserwacjach jako migoczący punkt świetlny. Przyczyną migotania jest ruch warstw atmosfery, powodujący różne załamania się światła. Ponieważ planety z ziemi w porównaniu do gwiazd stałych widziane są pod większym kątem widzenia (chociaż w istocie również bardzo małym), ruchy warstw atmosfery nie są tak zauważalne jak w przypadku gwiazd stałych. Jeżeli mamy dokładnie ustalić, czy obserwowany obiekt jest gwiazdą stałą czy planetą, musimy chwilę poczekać i sprawdzić czy obiekt obserwowany zmienia swoje położenie w stosunku do innych gwiazd.

Planety

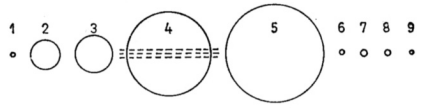
Planety naszego systemu słonecznego pokazane są w ich wielkości i odległości od słońca na rys. 51 i rys. 52.



Mittlere Entfernungen der Planeten von der Sonne in Mill. km

51

Tabela podaje najważniejsze cechy. Przy pomocy naszej lunety, możemy sami obserwować niektóre interesujące właściwości planet. Miejsca, w których znajdujemy planety na niebie podane są w periodycznym piśmiennictwie dla astronomów amatorów. Znajdujemy również planety w pobliżu pozornej drogi słońca (rocznej) na niebie (porównaj z rozdziałem „mapa gwiazd").

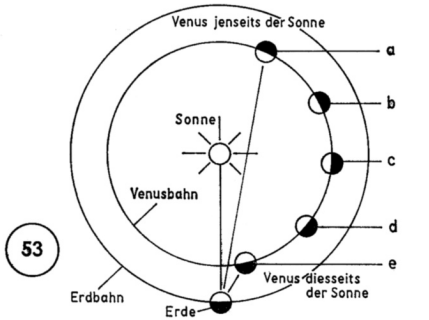


1= Pluto ⌀~6000km	4= Saturn ⌀120670km	7= Erde ⌀12756km
2= Neptun ⌀ 44600km	5= Jupiter ⌀143650km	8= Venus ⌀12230km
3= Uranus ⌀ 47100km	6= Mars ⌀ 6800km	9= Merkur ⌀ 4840km

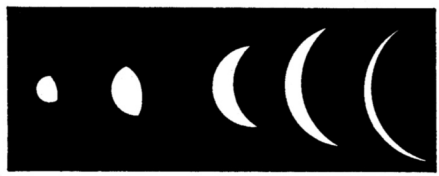
52

Parę obserwacji:

Wenus zmienia swoją odległość od ziemi, od około 40 do 250 milionów kilometrów, w zależności od tego, czy obydwie planety znajdują się po tej samej stronie słońca, czy na różnych stronach. Z tego względu kontury Wenus zmieniają się również jeżeli chodzi o jej pozorną wielkość (porównaj, rys. 53). Nad powierzchnią Wenus znajduje się gruba warstwa chmur, i dlatego nie można rozróżnić szczegółów.



53



Der Anblick der Venus bei unterschiedlichen Stellungen von Sonne, Erde und Venus zueinander bei gleicher Vergrößerung des Fernrohres

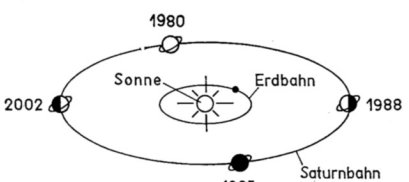
Mars posiada białą czapkę. Czasami rozróżnić można pewne struktury na jego powierzchni, nazywane nigdyś „kanałami marsjańskimi". Dzisiaj powierzchnia Marsa, dzięki zdjęciom sond kosmicznych jest znana jako podobna do powierzchni księżyca.

Właściwości planet

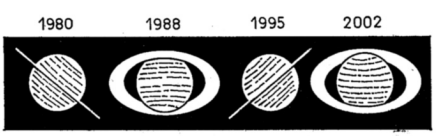
Planeta	Średnica równika km	Czas obrotu godz.	min.	Masa (ziemia = 1)	Spłaszczenie	Ilość księżyców	Średnia odległość od słońca miliony km	Czas obiegu do około słońca lata	dni
Merkury	4 840	—	—	0,056	—	—	57,87	—	87,97
Wenus	12 230	22	17	0,815	—	—	108,14	—	224,70
Ziemia	12 756	23	56	1,000	1:298,3	1	149,50	1	0,01
Mars	6 800	24	27	0,108	1:132	2	227,80	1	321,74
Jowisz	143 650	9	50	317,8	1:16,4	12	778,30	11	314,92
Saturn	120 670	10	14	95,1	1:10,4	10	1 428,47	29	167,21
Uran	47 100	11	—	14,52		5	2 873,19	84	8,11
Neptun	44 600	15	50	17,21		2	4 501,51	164	281,6
Pluton	6 000	—	—	0,925		1	5 908,07	248	157

Saturn jest w niektórych latach szczególnie pięknym obiektem obserwacji. Rozpoznajemy system pierścieniowy, który jednakże w latach 80-tych i około roku 1995 nie będzie widoczny, ponieważ w tym czasie pierścienie oglądać można tylko płasko z bocznej strony (rys. 54).

Poza naszym systemem słonecznym, istnieje duże prawdopodobieństwo istnienia innych systemów planetarnych. Astronomowie rozpoczęli zbieranie bliższych informacji na ten temat.



Der Anblick des Planeten Saturn von der Erde aus.



Anblick im umkehrenden (astronomischen) Fernrohr.

Przypuszcza się, jak dotąd, że przy 5 słońcach w odległości poniżej mniej więcej 20 lat świetlnych będzie można wykryć planety. Czy te (lub inne, jeszcze bardziej oddalone) systemy słoneczne z planetami są nośnikami organicznego życia, będą może w stanie zbadać następne pokolenia — narazie to musimy pozostawić naszej fantazji.

Gwiazdy stałe

Obrazy w lunecie stałych gwiazd nie robią wprawdzie takiego wrażenia jak obrazy obiektów z naszego systemu słonecznego, ale są również nie mniej interesujące. Jeżeli na obiektach naszego systemu szukaliśmy szczegółów na ich powierzchniach, np. kraterów na księżycu, to często ważniejszym jest dowiedzenie egzystencji stałych gwiazd z poza naszego systemu słonecznego. Wydaje się nam że dużo gwiazd świeci bardzo słabo, chociaż w rzeczywistości ich promieniowanie jest jaśniejsze od naszego słońca. Z powodu ogromnych odległości przedstawiają się nam one tylko jako małe, szare punkciki. Z drugiej strony bliższe gwiazdy są jasne, chociaż w rzeczywistości ich promieniowanie jest dużo słabsze niż naszego słońca.

Są także zmienne gwiazdy, których siła światła jest okresowo lub nieregularnie różna.

Pozorna jasność stałych gwiazd podana jest w klasach wielkości. Przy czystym niebie gołym okiem widoczne są jeszcze gwiazdy zaliczane do 5 klasy wielkości, luneta nasza pozwala nam na stwierdzenie istnienia gwiazd do mniej więcej 9 klasy wielkości. W tabeli podane są najjaśniejsze widoczne u nas gwiazdy, przy czym zalicza się również do nich naturalnie i słońce, którego „klasa wielkości" wynosi — 26,72. Gwiazda polarna, według tej klasyfikacji należy do klasy 2.

Najjaśniejsze widoczne u nas gwiazdy

Nr	Nazwa	Gwiazdozbiór	Rektascencja	Deklinacja	Odległość w pc[3]	Pozorna jasność	Siła światła w L_s[4]
1	Spika (Kłos) (α Virgo)	Panna	13h 23min	− 10,°9	58,8	+ 1,m00	1 140
2	Regulus (α Leo)	Lew	10h 06min	+ 12,°2	23,8	+ 1,m36	135
3	Rigel (β Orion)	Orion	5h 12min	− 8,°3	167	+ 0,m15	21 000
4	Wega (α Lyra)	Lutnia	18h 35min	+ 38,°7	8,1	+ 0,m03	60
5	Syriusz (α Canis Ma.)	Pies Wielki	6h 43min	− 16,°7	2,7	− 1,m45	24
6	Deneb (α Cygnus)	Łabędź	20h 40min	+ 45,°1	200	+ 1,m26	10 400
7	Kastor (α Geminorum)	Bliźnięta	7h 31min	+ 33,°0	14,5	+ 1,m56	41
8	Altair (α Aquila)	Orzeł	19h 48min	+ 8,°7	5,1	+ 0,m76	11
9	Procjon (α Canis Mi.)	Pies Mały	7h 37min	+ 5,°4	3,5	+ 0,m37	8
10	Biegunowa (α UMi)	Mała Niedźwiedzica	1h 49min	+ 89,°0	143	+ 2,m01	1 650
11	Koza (α Auriga)	Woźnica	5h 13min	+ 45,°9	14,1	+ 0,m08	150
12	Słońce	—	—	—	$4{,}8\times10^{-6}$	− 26,m72	1
13	Dubhe (αUrsa Maior)	Wielka Niedźwiedzica	11h 01min	+ 62,°0	32,3	+ 1,m80	165
14	Polluks (β Geminorum)	Bliźnięta	7h 42min	+ 28,°2	10,8	+ 1,m14	35
15	Arktur (α Bootes)	Wolarz	14h 13min	+ 19,°5	10,9	− 0,m05	105
16	Aldebaran (α Taurus)	Byk	4h 33min	+ 16,°4	20,0	+ 0,m85	165
17	Betelgeuse (α Orion)	Orion	5h 53min	+ 7,°4	91	+ 0,m1 ... 1,m2[1]	3 100[2]

[1] gwiazda zmienna
[2] wartość średnia
[3] 1 pc = 1 parsek = 31×10^{12} km
[4] L_s = siła światła naszego słońca

Szczególnie interesującymi obiektami między gwiazdami stałymi są zmienne gwiazdy, gwiazdy podwójne, zgrupowania gwiazd i mgławice, a dalej poza galaktyczne układy planetarne gwiazd. Są to układy które podobnie do naszej Mlecznej Drogi oddalone są o miliony lat świetlnych i składające się z milionów lub miliardów stałych gwiazd, których nie można już zidentyfikować pojedynczo, chociaż są one równie duże lub większe od stałych gwiazd naszej galaktyki.

Tabele podają przykłady gwiazd podwójnych, gwiazdozbiorów naszej galaktyki, mgławic a także układów gwiezdnych poza naszą galaktyką, które możemy obserwować przy pomocy naszej lunety.

Gwiazdy podwójne

Nr	Nazwa	Rektascencja	Deklinacja	Pozorna jasność A	Pozorna jasność B	Odległość
1	γ And	2h 01min	+ 42,°1	2,m4	5,m1	10,"0
2	σ Ori AD	5h 36min	− 2,°6	3,m8	6,m9	12,"9
3	σ Ori AE	5h 36min	− 2,°6	3,m8	6,m7	41,"5
4	ζ UMa	13h 22min	+ 55,°2	2,m4	4,m1	14,"5
5	β Lyr	18h 48min	+ 33,°3	3,m4	6,m7	45,"8
6	β Cyg	19h 29min	+ 27,°9	3,m2	5,m3	34,"3

Galaktyczne gwiazdozbiory i mgławice, poza galaktyczne układy planetarne

Nr	Nazwa	Rektascencja	Deklinacja	Pozorna jasność m	Średnica w'	Odległość w pc	Uwagi
1	Perseusz h	2h 16min	+ 56,°9	4,m4	36	2 250	Otwarta gromada gwiazd
2	Perseusz x	2h 19min	+ 56,°9	4,m7	36	2 250	Otwarta gromada gwiazd
3	Plejady	3h 44min	+ 24,°0	1,m4	100	140	Otwarta gromada gwiazd
4	M 35	6h 06min	+ 24,°3	5,m3	40	830	Otwarta gromada gwiazd
5	Praesepe	8h 38min	+ 19,°9	3,m9	95	160	Otwarta gromada gwiazd
6	M 39	21h 30min	+ 48,°2	5,m3	30	280	Otwarta gromada gwiazd
7	M 13	16h 40min	+ 36,°6	5,m8	10	7 000	Gromada kulista gwiazd
8	Mgławica Oriona	5h 33min	− 5,°4	2,m9	60	400	Mgławica gazowo-pyłowa w galaktyce
9	Mgławica Andromedy	0h 40min	+ 41,°0	3,m5	90x200	$5{,}4\times10^{5}$	Poza galaktyczny układ gwiezdny
10	Mgławica Tri	1h 31min	+ 30,°4	5,m8	53x83	$5{,}6\times10^{5}$	Poza galaktyczny układ gwiezdny

IV. Mapy astronomiczne

Mapy astronomiczne pokazują położenie gwiazd w stosunku do siebie w pewnym zniekształceniu w porównaniu do widoku w naturze. Wynika to stąd, że nam nieboskłon przedstawia się jako półkula, w której środku znajdujemy się. Mapa astronomiczna jest jednak na płaszczyźnie. Gwiazdozbiory, leżące w pobliżu bieguna niebieskiego przedstawiają się na mapie astronomicznej w odwzorowaniu odpowiadającym jeszcze w dużym stopniu naturze, jednak gwiazdy bardziej oddalone z konieczności przedstawione są w zniekształceniu, jeżeli chodzi o położenie w stosunku do siebie.

Nasza nastawiana mapa astronomiczna

Nastawiana mapa astronomiczna pozwala nam

a) na przedstawienie firmamentu widocznej części gwiazd stałych to znaczy, miejsc gdzie znajdują się najjaśniejsze gwiazdy stałe i najważniejsze gwiazdozbiory, w dowolnym czasie w ciągu całego roku;

b) na zademonstrowanie wędrówki gwiazd stałych, ich wschodu i zachodu, ich górowania i dołowania oraz rozpoznawania gwiazd otaczających biegun;

c) na przedstawienie pozornego ruchu słońca po niebie, jego położenia w dowolnym czasie, wschodu i zachodu oraz określenia trwania zmroku dla każdego dnia w roku;

d) na ułatwienie znajdywania planet przez podanie pozornej drogi słońca na niebie w ciągu roku;

e) na przeliczanie stref czasu w Europie z jednej na drugą, na czas środkowoeuropejski oraz na czas gwiazdowy (krótszy od słonecznego) dla każdej godziny w roku jak również odwrotnie dla każdej miejscowości w Europie między oceanem Atlantyckim i Uralem.

Nastawiana mapa astronomiczna jest zaprojektowana i wykonana dla mniej więcej 51 stopnia północnej szerokości (to znaczy, mniej więcej dla szerokości Londyn—Kolonia—Lipsk—Kijów). Odchylenia w Europie są tak praktycznie nieznaczne, że mapę można bez trudności używać w całej Europie, jeżeli pomyśli się, że Helsinki, Sztokholm i Oslo leżą około 10 stopni na północ a Istabuł, Ateny i Madryt około 10 stopni na południe.

Nastawiana mapa astronomiczna składa się z części A (gwiazdozbiory), B (skali czasu gwiezdnego), C (obrotowego szablonu), D (podziałki dla stref czasowych), E (poczwórnego elementu odległościowego) i F (poczwórnego elementu prowadzącego). Do tego dochodzi wskazówka (część G) z przesuwną tarczą słoneczną (część H) oraz jeden nit lub śruba z nakrętką.

Najpierw wycinamy części A, B, C, D, E (poczwórnie), F, G i H. Wyciąć należy również wszystkie powierzchnie ograniczone linią przerywaną. Z częścią C, postępujemy szczególnie ostrożnie, żeby nie uszkodzić obrotowego szablonu.

Część B znajduje się w środku tylnej strony części A. Zewnętrzna średnica części B jest nieco mniejsza niż części A. Dlatego wycinamy mapę astronomiczną patrząc na część B. W ten sposób osiągamy porządnie wycięte krawędzie na obydwóch stronach tej części.

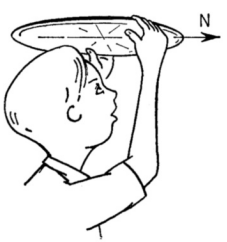
Kładziemy teraz czysto wycięty obrotowy szablon (część C) na stole, z napisem skierowanym ku dołowi. W środku kładziemy na to, gwiazdozbiorami do dołu, część A/B. Na czterech stronach wystają teraz łączniki obrotowego szablonu poza krawędź części A/B. Na wystające części naklejamy cztery elementy dystansowe (część E), i na to naklejamy wewnętrznymi częściami na część B, cztery elementy prowadzące (część F). Należy przy tym zwracać uwagę, żeby klej nie dostał się na część A/B, żeby później część A/B w stosunku do obrotowego szablonu mogła się lekko obracać, kiedy już elementy odległościowe i prowadzące są mocno przyklejone. Tarczę słoneczną tak sklejamy z poszczególnych elementów, żeby można było przesuwać na wskazówce. Teraz wykonujemy otwór ręcznym przebijakiem w środku części A i D, każdy otwór o średnicy mniej więcej 3 mm. Następnie przeciskamy najpierw przez część D, następnie przez część A/B (od strony części B) i dalej przez wskazówkę ułożoną na części A (część G), którą uprzednio wsunęliśmy ostrożnie wierzchołkiem pod część C i na którą nasunęliśmy tarczę słoneczną (część H) mniej więcej do środka, nit lub śrubę.

Nad wskazówką rozpłaszczamy nit lub nakręcamy na śrubkę nakrętkę, jednakże nie dokręcając jej mocno. Możemy teraz przestawiać podziałkę czasu strefowego w stosunku do podziałki czasu gwiezdnego, obrotowy szablon w stosunku do mapy astronomicznej oraz wskazówkę w stosunku do mapy astronomicznej i obrotowego szablonu. Oprócz tego, można przesuwać promieniowo tarczę słoneczną na wskazówce.

Widoczny zakres firmamentu ze stałymi gwiazdami

Gwiaździste niebo, tak jak się to nam wydaje, rozpościera się nad nami jak olbrzymi dzwon w formie półkuli. Jeżeli chcemy je przedstawić na płaskiej mapie, na którą nanosimy gwiazdy tak samo jak miasta na mapę kraju, napotykamy podobne trudności jak przy odwzorowaniu kulistej powierzchni ziemi. Występują przy tym zniekształcenia, których nie można uniknąć. Jednak w odwzorowaniu wybranym przez nas dane kątowe pozostają prawidłowe, jeżeli nawet odległości poszczególnych gwiazd na mapie zostały zniekształcone. Możemy sobie wyobrazić, że firmament z gwiazdami „wyprasowaliśmy" na płasko, na naszej mapie astronomicznej. Rozpoczęliśmy w pobliżu północnego bieguna niebieskiego i niebo (a przez to i odległości między gwiazdami na mapie) rozciągnęliśmy na zewnątrz, to znaczy w kierunku horyzontu. Przez to naturalnie gwiazdozbiory w pobliżu horyzontu są na mapie rozciągnięte w porównaniu do znajdujących się w pobliżu północnego bieguna niebieskiego. Z tego musimy sobie zdawać sprawę, kiedy będziemy porównywać mapę astronomiczną z niebem usianym gwiazdami.

Nasza mapa astronomiczna pokazuje nam tak niebo, tak jak je widzimy nad nami. Dlatego przy porównywaniu z naturą musimy naszą mapę astronomiczną trzymać nad głową



55

i oglądać ją od dołu (rys. 55) w przeciwieństwie do mapy ziemskiej, bo przecież ziemia jest pod nami. Na naszej nastawianej mapie astronomicznej, kiedy patrzymy w kierunku północy, z tego powodu wschód jest po lewej stronie a zachód po prawej. Przy naszych obserwacjach stoimy mniej więcej pod środkowym punktem dużego eliptycznego wycięcia obrotowego szablonu. Punkt nad nami, zenit, nie leży więc w punkcie obrotu wskazówki!

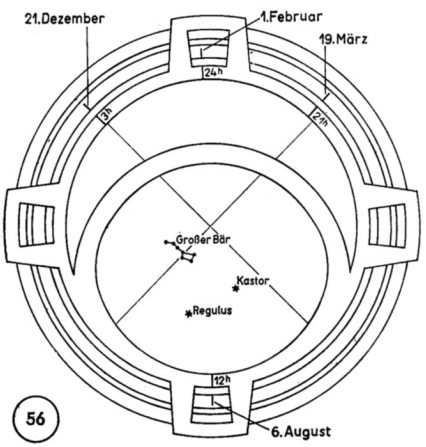
W naszych rozważaniach wychodzimy zawsze z tego, że mapę naszą kierujemy w kierunku północnym. Kierunek północny (zarówno ziemi jak i nieba) przy wygwieżdżonym niebie znajdujemy patrząc w kierunku Gwiazdy Polarnej, to jest przedniej gwiazdy dyszla Małej Niedźwiedzicy lub gwiazdy w pięciokrotnym przedłużeniu tylnego ograniczenia Wielkiej Niedźwiedzicy. Liczby parzyste na środniku obrotowego szablonu podają z grubsza kąt widzenia w poszczególnych kierunkach nieba lub kąty azymutu.

Widok firmamentu gwiazd stałych w określonej porze dnia i w określonym dniu w roku

Napewno zauważyliśmy już, że firmament z gwiazdami stałymi stale się zmienia. Gwiazdozbiory na wschodnim horyzoncie w ciągu nocy wschodzą a na zachodnim zachodzą. Czasy wschodów i zachodów w każdej porze roku są różne. Spróbujmy teraz przy pomocy naszej mapy astronomicznej prześledzić to i odwzorować.

W tym celu przekręcamy mapę astronomiczną (część A) ostrożnie podobrotowym szablonem (część C), aż żądany czas dobowy na zewnętrznej podziałce obrotowego szablonu będzie zgrany z żądaną datą na środkowej podziałce okrągłej mapy astronomicznej. Wtedy w dużym wycięciu eliptycznym w szablonie obrotowym widzimy widoczny zakres firmamentu ze stałymi gwiazdami o tym czasie. Rozpoznajemy przy tym, że zakres ten każdego dnia w roku widoczny jest o innej, określonej godzinie. Czas, należący do każdego dnia, możemy odczytać na podziałce naszego obrotowego szablonu. Pewien określony zakres, „widoczny" jest jednak tylko w czasie dnia, jest on niewidoczny z uwagi na rozjaśnione słońcem niebo w czasie dnia.

Przykład: 1 lutego, o godz. 24, jest widoczny firmament ze stałymi gwiazdami, ten sam jaki widoczny jest 19 marca o godz. 21, 21 grudni o godz. 3 lub w południe o 12 godz. 6 sierpnia (przy czym oczywiście światło dzienne nie pozwala na obserwację) (rys. 56).



Musimy sobie zdawać sprawę, że niezależnie od naszego miejsca obserwacji, horyzont może być częściowo przysłonięty przez wzniesienia, budynki, mgłę itp. Z drugiej strony możliwym jest, że my, kiedy nasze miejsce, z którego obserwujemy położone jest bardzo wysoko, możemy obserwować większy zakres firmamentu z gwiazdami stałymi (większy od tego, jaki podaje nam nasza mapa astronomiczna).

Najbardziej znane gwiazdozbiory północnego nieboskłonu

Skrót międzynarodowy	Nazwa łacińska		Nazwa polska
	Mianownik	Dopełniacz	
And	Andromeda	Andromadae	Andromeda
Aql	Aquila	Aquilae	Orzeł
Aur	Auriga	Aurigae	Woźnica
Boo	Bootes	Bootis	Wolarz
Cas	Cassiopeia	Cassiopeae	Kasjopeja
Cep	Cepheus	Cephei	Cefeusz
CMa	Canis Maior	Canis Maioris	Pies Wielki
CMi	Canis Minor	Canis Minoris	Pies Mały
Cyg	Cygnus	Cygni	Łabędź
Gem	Gemini	Geminorum	Bliźnięta
Leo	Leo	Leonis	Lew
Lyr	Lyra	Lyrae	Lutnia
Ori	Orion	Orionis	Orion
Per	Perseus	Persei	Perseusz
Tau	Taurus	Tauri	Byk
UMa	Ursa Maior	Ursae Maioris	Wielka Niedźwiedzica
UMi	Ursa Minor	Ursae Minoris	Mała Niedźwiedzica
Vir	Virgo	Virginis	Panna

Dla oznaczenia gwiazdy, używa się pierwszych liter greckiego alfabetu lub numeru cyfrowego w połączeniu z dopełniaczem łacińskiej nazwy gwiazdozbioru lub jej skrótu. Przykład:

α w Lutni = α Lyrae = α Lyr

β w Bliźniętach = β Geminorum = β Gem

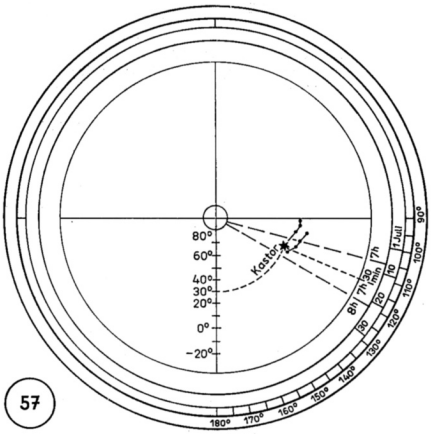
Gwiazda 31 („Jeździec") w Wielkiej Niedźwiedzicy =

31 Ursae Maioris = 31 UMa

Znajdywanie gwiazd na mapie astronomicznej

W celu ponownego znalezienia na mapie astronomicznej (i na niebie) gwiazd lub podania ich położenia, używamy dwóch współrzędnych, deklinacji i rektascencji. Najpierw podaje się równik kuli niebieskiej, jest to pomyślana linia podobna do równika ziemskiego, otaczającego kulę ziemską. Niebieski biegun północny posiada więc wartość 90 stopni, podczas kiedy deklinacja między równikiem niebieskim i północnym biegunem niebieskim podawana jest w postaci danych kątowych między 0 stopni (równik niebieski) i 90 stopni (północny biegun niebieski). Deklinacje w kierunku południowego bieguna niebieskiego, liczy się od niebieskiego równika jako ujemne. Dane dotyczące deklinacji znajdujemy, kiedy na naszej nastawianej mapie astronomicznej ustawimy kierunek północny na 24 godzinę i odszukamy linię łączącą między punktem obrotu naszej mapy astronomicznej (niebieskim biegunem północnym) i punktem południowym (12 godz. na obrotowym szablonie). Kreskowana linia przez 0 stopni jest niebieskim równikiem, dalsze kreskowane linie przechodzą dla lepszej orientacji przez — 20 stopni, + 20 stopni, + 40 stopni i + 60 stopni. Druga współrzędna, rektascencja podana jest w godzinach i minutach od godz. 0 do godz. 24, przeciwnie do kierunku codziennego ruchu stałych gwiazd. Dane te znajdujemy na pierwszej podziałce kołowej od wewnątrz trzech podziałek mapy astronomicznej. Dla lepszej orientacji, kreskowane linie biegną od pełnych godzin do niebieskiego bieguna północnego.

Przykład: Kastor (w gwiazdozbiorze „Bliźnięta") ma deklinację wynoszącą około 30 stopni i rektascencję wynoszącą około $7^h\ 30^{min}$ (rys. 57).



57

Podany, przynależny do godzin i minut rektascencji kąt w stopniach, nanieslony jest na naszej mapie astronomicznej w postaci najbardziej zewnętrznej podziałki kołowej. Może on być wykorzystywany dla dalszej orientacji.

Wędrówka stałych gwiazd

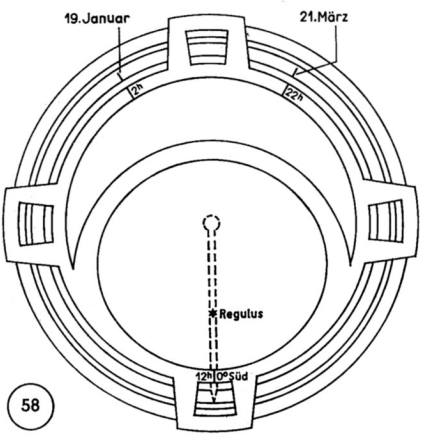
Po nastawieniu mapy astronomicznej i obrotowego szablonu na punkt czasowy naszej obserwacji, musimy wraz z upływającym czasem mapę astronomiczną powoli, pod obrotowym szablonem dalej obracać, mianowicie co godzinę o 15 stopni, w celu otrzymania pełnego obrotu w przeciągu doby. Mapę obraca się od wschodu, poprzez południe na zachód. Widzimy przy tym wschodzące i zachodzące gwiazdy, które pojawiają się i opuszczają eliptyczny obszar w obrotowym szablonie. Odpowiada to wschodzeniu i zachodzeniu gwiazd na niebie, na wschodnim i zachodnim horyzoncie. Przynależne czasy, możemy odczytać na najbardziej zewnętrznej podziałce kołowej obrotowego szablonu, dla każdego dnia w roku (średnia podziałka kołowa na mapie astronomicznej).

Są gwiazdy, które przy obracaniu naszej mapy astronomicznej nigdy nie znikają. Gwiazdy te, znajdujące się w pobliżu północnego bieguna niebieskiego, nazywamy gwiazdami podbiegunowymi, np. gwiazdy Wielkiej i Małej Niedźwiedzicy.

Kulminacja stałych gwiazd

Pod pojęciem kulminacji gwiazdy stałej rozumiemy osiągnięcie przez nią jej najwyższego punktu na niebie. Jeżeli będziemy obracać naszą nastawianą mapę astronomiczną, powoli, pod obrotowym szablonem, zdając sobie przy tym sprawę, że krawędź eliptycznego wycięcia odpowiada horyzontowi, widzimy, że każda gwiazda wtedy osiąga swoją największą wysokość (jej najwyższe wzniesienie nad horyzontem), to znaczy kulminuje, wtedy, kiedy przekroczy ona linię północ-południe. W celu odtworzenia kulminacji stałej gwiazdy na nastawianej mapie astronomicznej, ustawiamy wskazówkę dokładnie na południe. Nie nasadziliśmy przy tym małej tarczy słonecznej. Wskazówkę pozostawiamy w jej położeniu w stosunku do obrotowego szablonu i obracamy pod nią i pod obrotowym szablonem dalej mapę astronomiczną. Gwiazdy przesuwające się pod wskazówką kulminują. Czas kulminacji odczytać możemy na dacie (na podziałce kołowej mapy astronomicznej) przy podziałce czasu obrotowego szablonu.

Przykład: Regulus (w gwiazdozbiorze Lwa) kulminuje w dniu 21 marca o godzinie 22, w dniu 19 stycznia o 2 godz. itd. Kulminacyjną wysokością jest deklinacja łącznie z 90 stopniami minus szerokość geograficzna miejsca obserwacji (rys. 58).



58

Pozorna orbita słońca na niebie

Pozorna orbita na niebie, przedstawiona jest na mapie astronomicznej przy pomocy ekliptyki. Ekliptyka jest linią w kształcie koła, linią ciągłą, ekscentryczną w stosunku do północnego bieguna niebieskiego, która przebiega na przykład przez gwiazdozbiory Raka, Bliźniąt, Byka, Wodnika, Koziorożca, Strzelca, Skorpiona, Panny i Lwa. W celu śledzenia pozornej drogi słońca, nasadzamy tarczę słoneczną na wskazówkę nastawianej mapy astronomicznej. Ustawiamy teraz obrotowy szablon kierunkiem północnym (godz. 24) na życzoną sobie datę, np. na 21 marca. Następnie przesuwamy tarczę słoneczną w taki sposób na wskazówkę, że jej środkowy punkt przecinany jest przez ekliptykę. Wskazówka wskazuje północ przy nastawieniu tarczy słonecznej na ekliptykę. Latem trzeba czasami nieco podnieść środnik wewnętrzny górnego szablonu, ponieważ zakrywa on ekliptykę. Przesuwamy teraz wskazówkę, w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu wskazówek zegara, do położenia „3 godz.", na górnym szablonie. O tej godzinie, słońce znajduje się w obszarze zupełnie dla nas niewidocznym. Jeżeli teraz będziemy przesuwać dalej wskazówkę w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (poprzez wschód i południe na zachód), tarcza słoneczna pokazuje się najpierw pod środnikiem obratowego szablonu i opuszcza go około 6 godz. Czas, w którym tarcza słoneczna znajduje się pod środnikiem, odpowiada mniej więcej trwaniu zmroku. Następnie słońce jest widoczne na niebie; na naszej nastawianej mapie astronomicznej znajduje się

ono w ekliptycznym wycięciu obrotowego szablonu, a więc w obszarze, który jest widoczny. O godzinie 12 słońce przecina linię kulminacji (słońce kulminuje jak inne stałe gwiazdy) i wchodzi wieczorem na zachodzie pod środnik naszego szablonu obrotowego (zmierzch wieczorny), aż zacznie w nocy odbywać drogę w obszarze nieba, dla nas niewidocznego.

Możemy wykonać nastawienie drogi słońca dla każdego dnia w roku. Potrzebujemy do tego dany dzień (na mapie astronomicznej) ustawiony w kierunku północy, następnie przesuwamy tarczę słoneczną na wskazówkę ustawioną na północ, aż do ekliptyki. Następnie możemy obracać wskazówkę z tarczą słoneczną przez cały dzień od wschodu do zachodu słońca. (Uwaga: uwzględnia się, że nastawiana mapa astronomiczna zawsze odpowiada miejscowemu czasowi, to znaczy, że strefy czasu, które są inne, szczególnie ewentualny czas letni regulowany prawnie itp. muszą być uwzględniane!)

Można w ten sposób łatwo odwzorować krótki zmierzch zimowy i długi zmierzch letni (jasne letnie noce!).

Drogi planet na niebie

Planety znajdują się zawsze w pobliżu ekliptyki. W astronomicznych czasopismach a często także w czasopismach popularno-naukowych, czasami nawet w codziennej prasie, podawane są z wyprzedzeniem dla określonego czasu, np. dla jednego miesiąca rektascencje planet. Jak już było powiedziane, rektascencję znajdujemy (w godzinach i minutach) na wewnętrznej podziałce mapy astronomicznej. Dla znalezienia miejsca planety, ustawiamy wskazówkę (bez tarczy słonecznej) na podaną rektascencję. Szukana planeta znajduje się mniej więcej tam, gdzie wskazówka przecina ekliptykę. Jeżeli teraz nastawimy obrotowy szablon (przy trzymanej mocno wskazówce w stosunku do mapy astronomicznej) na punkt wyznaczający czas obserwacji, możemy stwierdzić, czy szukana planeta jest właśnie na niebie widoczna (to znaczy, czy znajduje się ona wewnątrz eliptycznego wycięcia w obrotowym szablonie) i gdzie musimy jej szukać na niebie.

Sztuczne satelity ziemi i statki kosmiczne

Wśród satelitów rozróżniamy takie, które nie zmieniają swojego miejsca w stosunku do ziemi (satelity geostacjonarne) i takie, które okrążają ziemię jak małe księżyce. Satelity geostacjonarne możemy zawsze znaleźć na niebie w tym samym miejscu, w odniesieniu do powierzchni ziemi. Firmament gwiazd stałych, obraca się w pewnym sensie nad nimi. Miejsca takich satelitów podawane są w artykółach prasowych. Jeżeli znamy już miejsce, ustawiamy naszą tarczę słoneczną ze wskazówką na to miejsce eliptycznego wycięcia w obrotowym szablonie, które odpowiada miejscu satelity nad nami. Możemy dalej przytrzymując wskazówkę i obrotowy szablon, przesunąć firmament stałych gwiazd pod miejscem satelity i dzięki temu odtworzyć pozorny ruch stacjonarnego satelity w stosunku do firmamentu stałych gwiazd.

Satelity, które nie są satelitami geostacjonarnymi mogą poruszać się na różnch orbitach wokół ziemi. Możliwość ich obserwacji zależy od ich wysokości, czasu obiegu wokół ziemi, położenia ich orbit w odniesieniu do ziemi, ich właściwości refleksyjnych itp. Ich orbit nie możemy prześledzić przy pomocy naszej nastawianej mapy astronomicznej, ponieważ ich czasy obiegów wynoszą najczęściej parę godzin (minimum około 90 min.).

Określanie czasu gwiezdnego z czasu strefowego i odwrotnie

Przy pomocy podziałki czasu strefowego (część D) i podziałki czasu gwiezdnego (część B) można znaleźć dla wszystkich miejscowości między oceanem Atlantyckim i Uralem zależność między czasem gwiezdnym i czasem strefowym dla danego dnia i danej godziny w roku. Podziałka czasu strefowego (część D) ustala najpierw związek między czasem strefowym i czasem środkowoeuropejskim (czasem światowym i innymi strefami czasowymi). Czasy miejscowe, możemy z grubsza przyjąć za odpowiadające czasom strefowym; kto życzy sobie dokładnego nastawienia, może wykonać nastawienia pośrednie odpowiadające czasowi miejscowemu. Mamy następujące czasy strefowe:

I) Czas środkowoeuropejski (Norwegia, Szwecja, Dania, Holandia, Francja, Belgia, Luksemburg, NRD, RFN, Austria, Węgry, Szwajcaria, Włochy, Czechosłowacja, Jugosławia, Albania)

II) Czas uniwersalny (Greenwich: Anglia, Irlandia, Portugalia, Hiszpania, Wyspy Kanaryjskie)

III) Czas wschodnioeuropejski (Finlandia, Polska, Bułgaria, Rumunia, Grecja, Turcja)

IV) Czas moskiewski (europejska część ZSRR)

Na podstawie prawnych ustaleń, np. prawnego wprowadzenia czasu letniego, występują odchylenia.

a) **Określanie czasu gwiezdnego z czasu strefowego**

Znajdujemy najpierw czas strefowy i nastawiamy przynależny czas środkowoeuropejski na odpowiednią datę na podziałce dat (część B). W okienku części D można następnie odczytać przynależny czas gwiezdny do każdego stopnia długości, między 18 stopniem długości zachodniej i 51 stopniem długości wschodniej.

b) **Określanie czasu środkowoeuropejskiego i czasu strefowego z czasu gwiezdnego**

Postępować należy odwrotnie niż w punkcie a). W okienku części D nastawia się wybrany stopień długości pod znanym czasem gwiezdnym. Zewnętrzna podziałka części D podaje wtedy dla każdej daty (podziałka na części B) przynależny czas środkowoeuropejski a na wewnętrznej podziałce odpowiadający czas strefowy.

Drodzy Przyjaciele!

Znaleźliśmy się już na końcu naszej książeczki — ale daleko nam jeszcze do końca możliwości, które daje nasz zestaw konstrukcji zespołowych. Napewno, zauważyliście w międzyczasie, że jeszcze możecie dużo zrobić, przy pomocy tego co macie do dyspozycji.

Życzymy Wam dużo radości i przyjemności!

Wasz
VEB Kamenzer Spielwaren

Źródła danych:

Brockhaus ABC — Astronomia (w skrócie z dużymi zmianami)
Mapa astronomiczna: według Manga, mapa astronomiczna 1926

Lindner, Przeżywana przez siebie astronomia, 1978 (z dużymi zmianami)

Tabele: Astronomia dla klasy 10, Verlag Volk und Welt (w wyjątkach)

Objaśnienia do rysunków

Strona 5, rys. 9

1 kleines Objektiv	1 mały obiektyw
5 mittleres Objektiv	5 średni obiektyw
12 großes Objektiv	12 duży obiektyw
7 Zusatzlinse f = 225	7 dodatkowa soczewka f = 225 mm
24 großes Rohr	24 duża rura
23 mittleres Rohr	23 średnia rura
22 kleines Rohr	22 mała rura
25 lange Okularführung	25 długa prowadnica okularu
26 kurze Okularführung	26 krótka prowadnica okularu
20 Okular	20 okular
19 Okularrohr	19 rura okularu

Strona 8, rys. 17

parallele Sonnenstrahlen	równoległe promienie słoneczne
optische Achse	oś optyczna
Schirm	ognisko
Brennpunkt	ekran
Brennweite	ogniskowa

Strona 8, rys. 18

Schirm	ekran

Strona 11, rys. 28

Sehwinkel	kąt widzenia

Strona 12, rys. 31

Objektiv	obiektyw
Okular	okular
gemeinsamer Brennpunkt	wspólne ognisko

Strona 19, rys. 49

Stundenachse	oś godzinowa
Einstellung der geografischen Breite	nastawianie szerokości geograficznej
Einstellung der Deklination	nastawianie deklinacji

Strona 22, rys. 50

Satellitenbahn	orbita satelity
Richtung der Sonnenstrahlen	kierunek promieni słonecznych
Horizont	horyzont
Beobachter	obserwator
Erde	ziemia

Strona 22, rys. 51

Mittlere Entfernung der Planeten von der Sonne in Mill. km		Średnia odległość planet od słońca w milionach km
1 = Mars	1 = Mars	(228)
2 = Erde	2 = Ziemia	(149)
3 = Venus	3 = Wenus	(108)
4 = Merkur	4 = Merkury	(58)
Jupiter	Jowisz	(778)
Saturn	Saturn	(1 428)
Uranus	Uran	(2 873)
Neptun	Neptun	(4 502)
Pluto	Pluton	(5 908)

Strona 22, rys. 52

1 = Pluto	1 = Pluton	∅ 6 000 km
2 = Neptun	2 = Neptun	∅ 44 600 km
3 = Uranus	3 = Uran	∅ 47 100 km
4 = Saturn	4 = Saturn	∅ 120 670 km
5 = Jupiter	5 = Jowisz	∅ 143 650 km
6 = Mars	6 = Mars	∅ 6 800 km
7 = Erde	7 = Ziemia	∅ 12 756 km
8 = Venus	8 = Wenus	∅ 12 230 km
9 = Merkur	9 = Merkury	∅ 4 840 km

Strona 22, rys. 53

Der Anblick der Venus bei unterschiedlichen Stellungen von Sonne, Erde und Venus zueinander bei gleicher Vergrößerung des Fernrohres	Widok Wenus w różnych położeniach słońca, ziemi i Wenus w stosunku do siebie przy tym samym powiększeniu lunety
Venus jenseits der Sonne	Wenus za słońcem
Sonne	słońce
Venusbahn	orbita Wenus
Venus diesseits der Sonne	Wenus przed słońcem
Erdbahn	orbita Ziemi
Erde	Ziemia

Strona 23, rys. 54

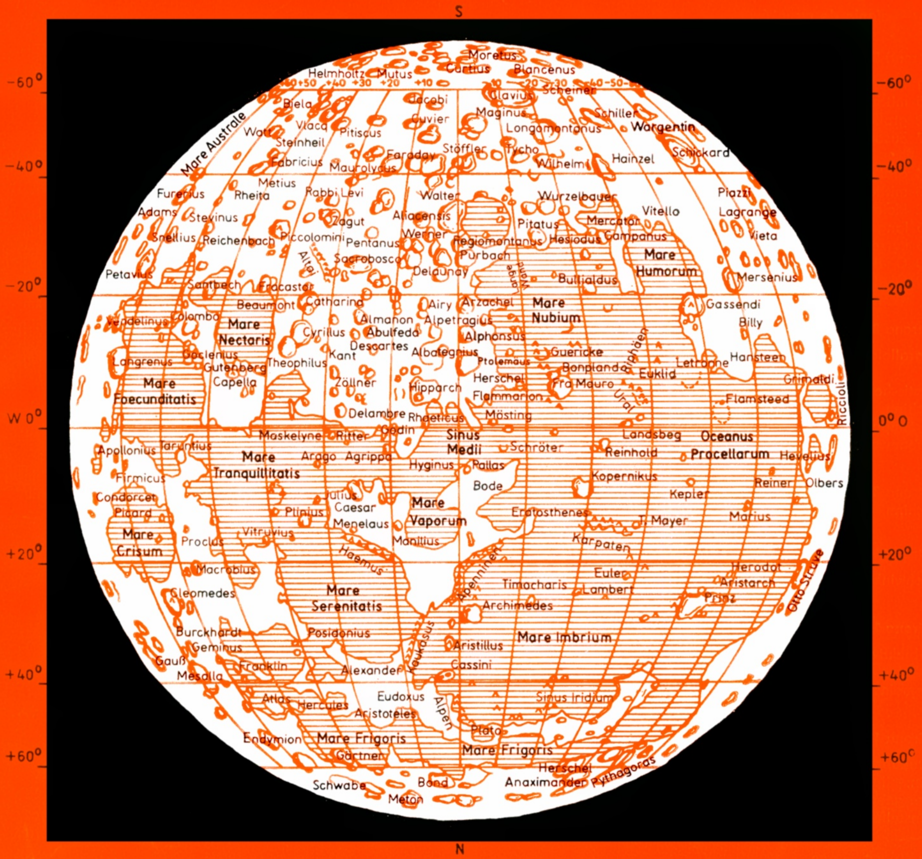
Sonne	słońce
Erdbahn	orbita ziemi
Saturnbahn	orbita Saturna
Der Anblick des Planeten Saturn von der Erde aus	Widok Saturna z ziemi
Anblick im umkehrenden (astronomischen) Fernrohr	Widok w odwracającej obraz (astronomicznej) lunecie

Strona 26, rys. 56

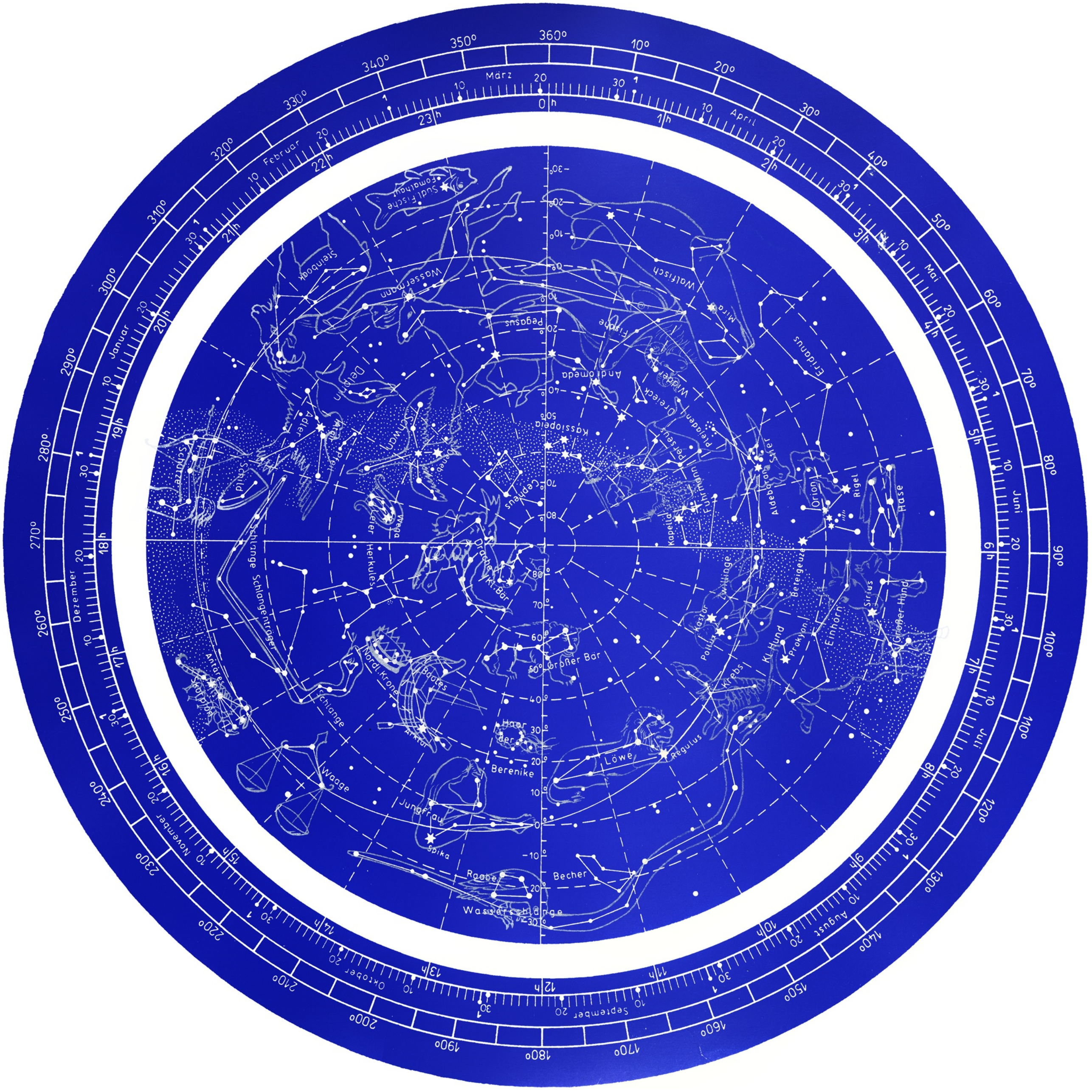
21. Dezember	21 grudzień
1. Februar	1 luty
19. März	19 marzec
Großer Bär	Duża Niedźwiedzica
Kastor	Kastor
Regulus	Regulus

Strona 27, rys. 58

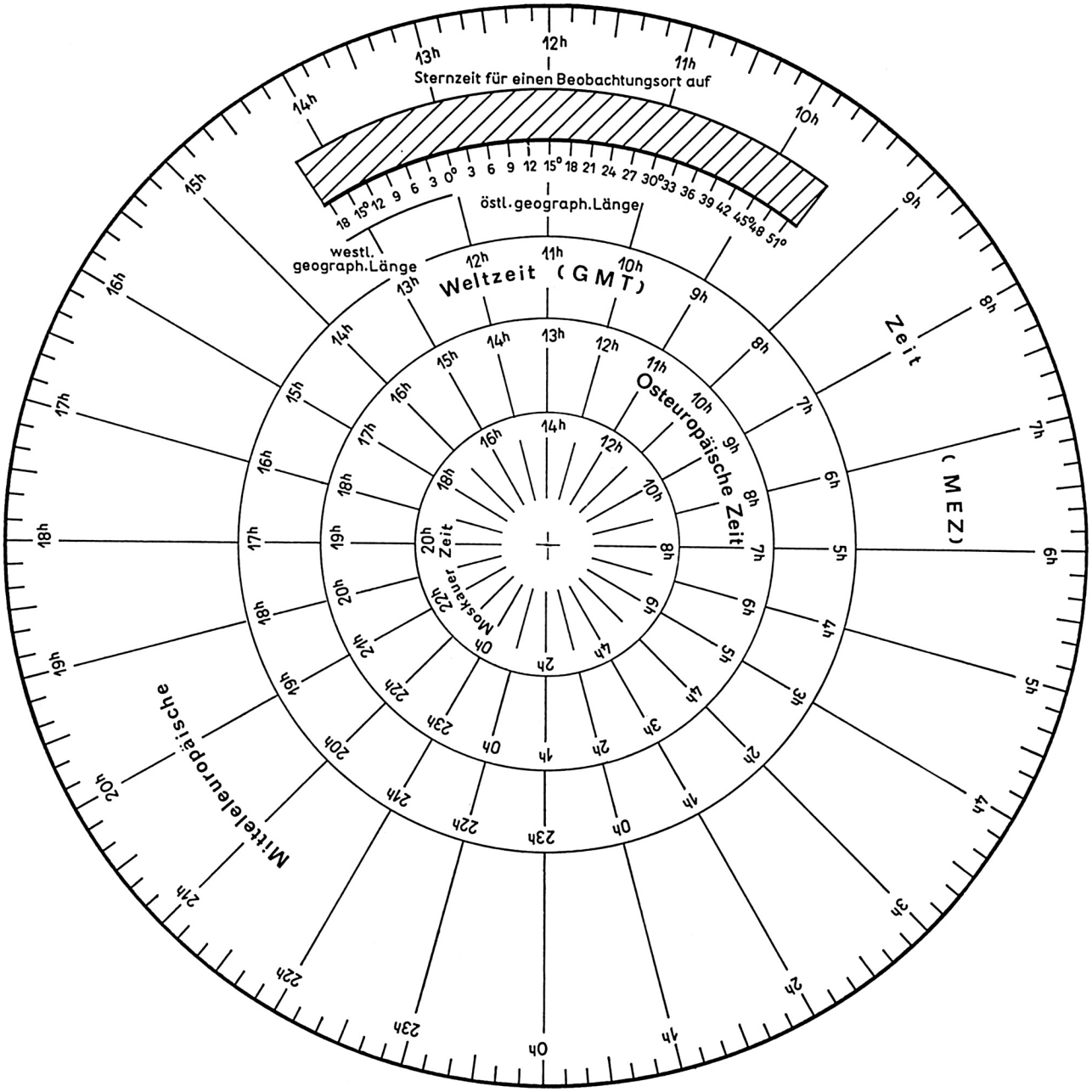
19. Januar	19 styczeń
21. März	21 marzec
Regulus	Regulus
$12^h\,0^o$ Süd	$12^h\,0^o$ południe

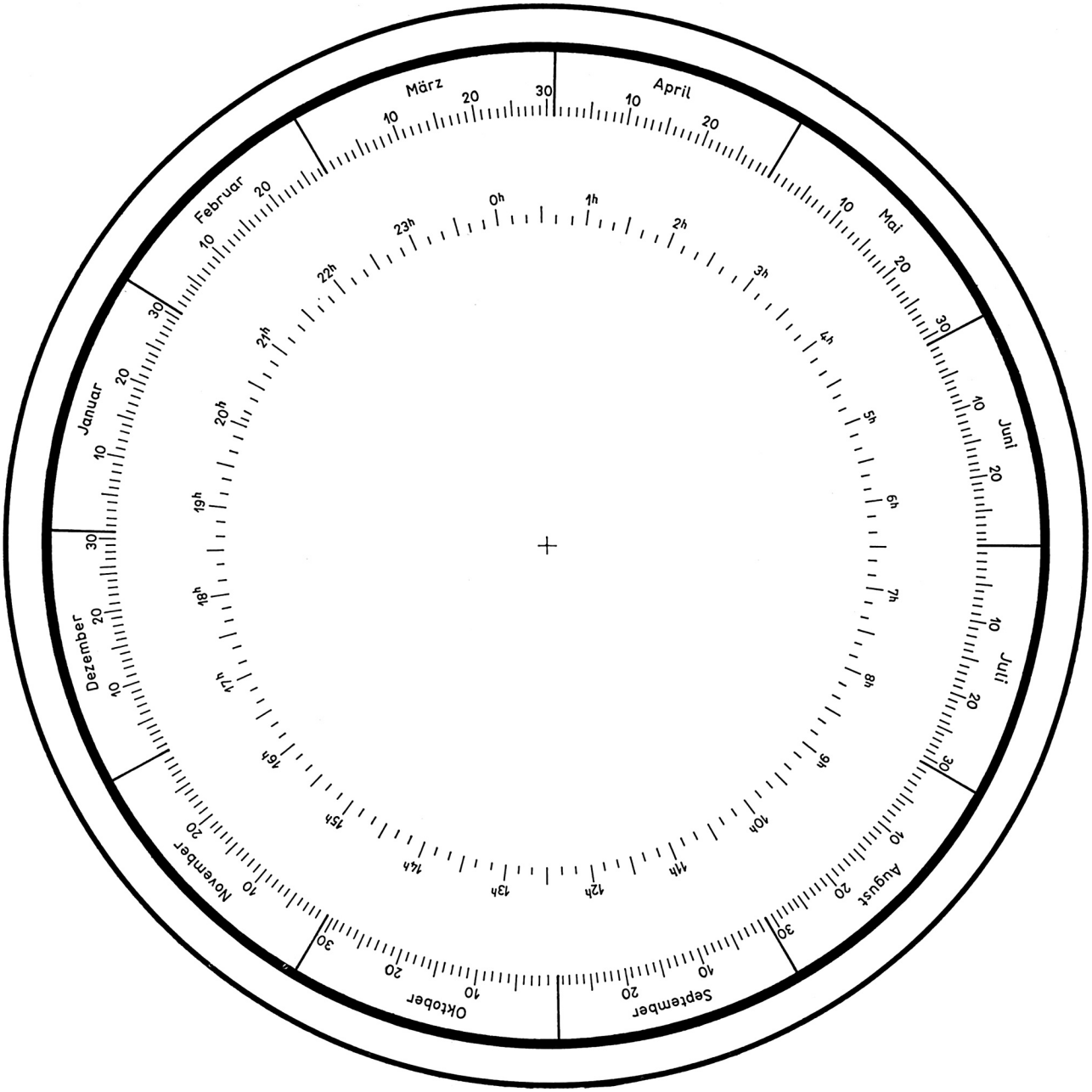


S
N
-60°
-40°
-20°
W 0°
+20°
+40°
+60°
0° O
Moretus
Curtius
Blancenus
Helmholtz
Mutus
Clavius
Scheiner
Jacobi
Maginus
Schiller
Biela
Cuvier
Longomontanus
Wargentin
Watt
Vlacq
Pitiscus
Steinheil
Faraday
Stöffler
Tycho
Schickard
Mare Australe
Fabricius
Maurolycus
Wilhelm
Hainzel
Metius
Furnerius
Rheita
Rabbi Levi
Walter
Wurzelbauer
Piazzi
Adams
Stevinus
Zagut
Aliacensis
Pitatus
Mercator
Vitello
Lagrange
Snellius
Reichenbach
Piccolomini
Werner
Regiomontanus
Hesiodus
Campanus
Vieta
Pentanus
Purbach
Mare Humorum
Altai
Sacrobosco
Petavius
Delaunay
Bullialdus
Mersenius
Santbech
Fracastor
Beaumont
Catharina
Airy
Arzachel
Mare Nubium
Gassendi
Vendelinus
Colombo
Almanon
Alpetragius
Billy
Mare Nectaris
Cyrillus
Abulfeda
Alphonsus
Goclenius
Descartes
Guericke
Langrenus
Gutenberg
Theophilus
Kant
Albategnius
Ptolemaus
Bonpland
Letronne
Hansteen
Capella
Herschel
Fra Mauro
Euklid
Grimaldi
Mare Foecunditatis
Zöllner
Hipparch
Flammarion
Ural
Flamsteed
Riccioli
Delambre
Rhaeticus
Mösting
Maskelyne
Ritter
Godin
Sinus Medii
Landsberg
Oceanus Procellarum
Apollonius
Taruntius
Schröter
Reinhold
Hevelius
Mare Tranquillitatis
Arago
Agrippa
Hyginus
Pallas
Firmicus
Bode
Kopernikus
Reiner
Olbers
Condorcet
Julius Caesar
Kepler
Picard
Plinius
Mare Vaporum
Eratosthenes
Marius
Mare Crisium
Menelaus
T. Mayer
Proclus
Vitruvius
Manilius
Karpaten
Haemus
Otto Struve
Macrobius
Apenninen
Euler
Herodot
Timocharis
Aristarch
Cleomedes
Mare Serenitatis
Lambert
Prinz
Archimedes
Burckhardt
Posidonius
Mare Imbrium
Geminus
Kaukasus
Aristillus
Gauß
Franklin
Cassini
Mesalla
Alexander
Atlas
Hercules
Eudoxus
Sinus Iridium
Aristoteles
Alpen
Plato
Endymion
Mare Frigoris
Gärtner
Herschel
Schwabe
Bond
Anaximander
Pythagoras
Meton

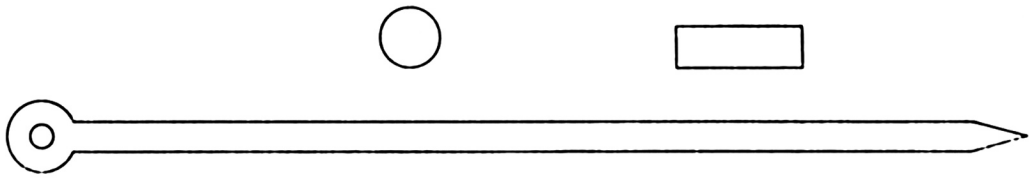


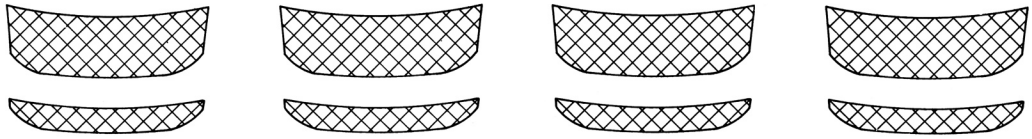
360°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°
100°
110°
120°
130°
140°
150°
160°
170°
180°
190°
200°
210°
220°
230°
240°
250°
260°
270°
280°
290°
300°
310°
320°
330°
340°
350°
Januar
Februar
März
April
Mai
Juni
Juli
August
September
Oktober
November
Dezember
0h
1h
2h
3h
4h
5h
6h
7h
8h
9h
10h
11h
12h
13h
14h
15h
16h
17h
18h
19h
20h
21h
22h
23h
Südl. Fische
Fomalhaut
Steinbock
Wassermann
Pegasus
Fische
Walfisch
Mira
Eridanus
Andromeda
Widder
Dreieck
Plejaden
Perseus
Kassiopeia
Cepheus
Delphin
Adler
Atair
Schwan
Deneb
Schild
Schütze
Leier
Wega
Herkules
Drache
Kl. Bär
Polaris
Großer Bär
Fuhrmann
Kapella
Aldebaran
Stier
Orion
Rigel
Beteigeuze
Hase
Zwillinge
Kastor
Pollux
Kl. Hund
Prokyon
Einhorn
Sirius
Großer Hund
Krebs
Löwe
Regulus
Schlange
Schlangenträger
Antares
Skorpion
Nördl. Krone
Bootes
Arktur
Haar der Berenike
Waage
Jungfrau
Spika
Rabe
Becher
Wasserschlange

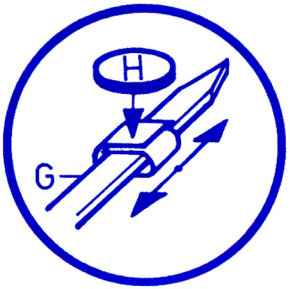

Sternzeit für einen Beobachtungsort auf
18 15° 12 9 6 3 0° 3 6 9 12 15° 18 21 24 27 30° 33 36 39 42 45° 48 51°
östl. geograph. Länge
westl. geograph. Länge
Weltzeit (GMT)
Osteuropäische Zeit
Moskauer Zeit
Zeit (MEZ)
Mitteleuropäische

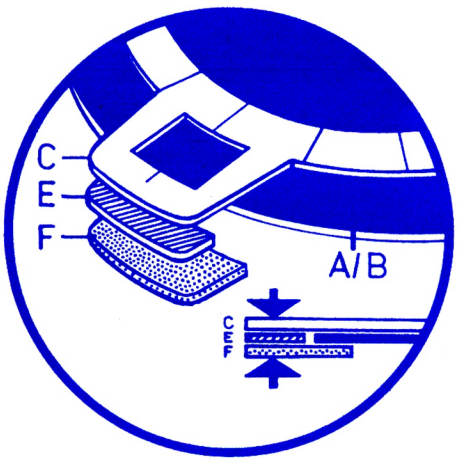

März
April
Mai
Juni
Juli
August
September
Oktober
November
Dezember
Januar
Februar
0h
1h
2h
3h
4h
5h
6h
7h
8h
9h
10h
11h
12h
13h
14h
15h
16h
17h
18h
19h
20h
21h
22h
23h

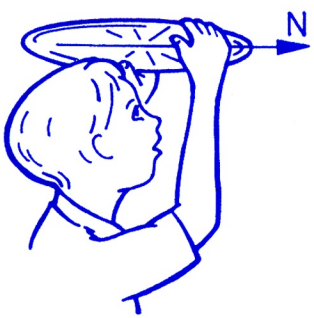
1h
2h
3h
4h
5h
6h
7h
8h
9h
10h
11h
12h
13h
14h
15h
16h
17h
18h
19h
20h
21h
22h
23h
24h
Ost
Nord
West
Süd
270°
240°
210°
180°
150°
120
90°
60°
30°
0°
300°
330°

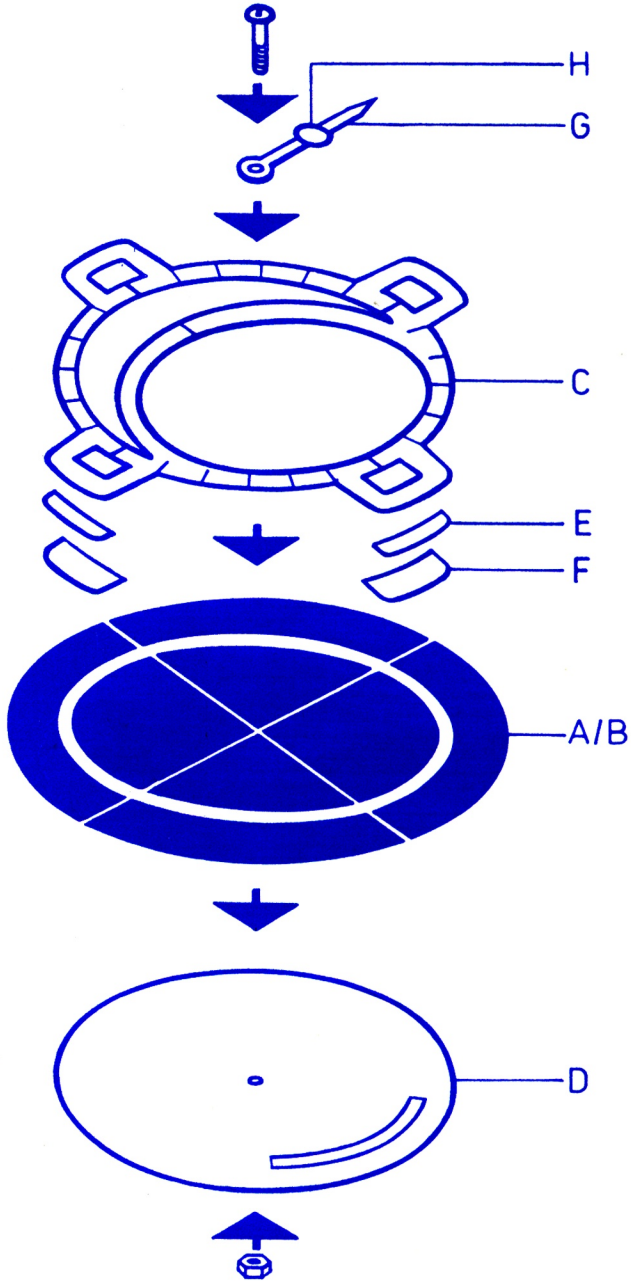





H
G


C
E
F
A/B
C
E
F


N


H
G
C
E
F
A/B
D